



GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

TREBALL FINAL DE GRAU

EFFECTE DE L'EDAT EN ELS RESULTATS DE LES PROVES CLÍNiques PER L'AVALUACIÓ DELS MOVIMENTS SACÀDICS I DE SEGUIMENT

Ainhoa de Castellarnau Roca

ROSA BORRÀS GARCIA
ELVIRA PERIS MARCH
DEPARTAMENT D'ÒPTICA I OPTOMETRIA

JUNY 2015



GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

La Sra. María Rosa Borràs García, com a directora del treball i la Sra. María Elvira Peris March, com a codirectora del treball

CERTIFIQUEN

Que la Sra. Ainhoa De Castellarnau Roca ha realitzat sota la seva supervisió el treball EFECTE DE L'EDAT EN ELS RESULTATS DE LES PROVES CLÍNIQUES PER L'AVALUACIÓ DELS MOVIMENTS SACÀDICS I DE SEGUIMENT que es recull en aquesta memòria per optar al títol de grau en Òptica i Optometria.

I per que consti, signen aquest certificat.

Sra. María Rosa Borràs García
Directora del treball

Sra. María Elvira Peris March
Directora del treball

Terrassa, 15 de juny de 2015



Agraïments

Vull agrair la col·laboració de totes aquelles persones i institucions que han fet possible la realització d'aquest treball.

En primer lloc, agrair l'aportació en el treball a les meves tutores Rosa Borràs i Elvira Peris per presentar-me un tema tan interessant i poc investigat com aquest, per l'exigència, el constant suport, l'orientació i la confiança al llarg de l'elaboració del treball.

A la Meritxell Vilaseca, per l'ajuda amb la mostra de pacients,.

A tots els alumnes de Psicofísica i neurofisiologia de la visió i a tots els pacients que han format part d'aquest estudi.

Als meus companys de Grau, pels quatre anys que hem passat junts.

A la meva família pel seu suport incondicional i continu.

I per últim, i no menys important, a les meves companyes Mar García i Ruth Muntada, sense elles aquest treball no hagués estat el mateix.

A tots ells:

Moltes gràcies

Ainhoa de Castellarnau Roca



GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

EFFECTE DE L'EDAT EN ELS RESULTATS DE LES PROVES CLÍNQUES PER L'AVALUACIÓ DELS MOVIMENTS SACÀDICS I DE SEGUIMENT

RESUM

Objectiu: estudiar l'efecte de l'edat en els resultats de les proves clíniques utilitzades habitualment en l'avaluació dels moviments oculars sacàdics i de seguiment.

Mètode: Es van avaluar 138 pacients de diferents edats que complien els criteris establerts en l'estudi. Aquests van ser dividits en quatre mostres depenen de l'edat: Escolars (entre 8 i 9 anys), joves (entre 19 i 25 anys), adults (entre 30 i 45 anys) i grans (més grans o iguals a 60 anys). Les proves clíniques realitzades per valorar els moviments sacàdics i de seguiment van ser el NSUCO (Northeastern State University College of Optometry), el Groffman (VTT) i el DEM (Developmental Eye Movement) / ADEM (Adult developmental Eye Movement) en condicions binoculars.

Resultats: Les diferents proves estadístiques, amb les que s'han analitzat els resultats, mostren que hi ha diferències significatives entre els diferents grups d'edat i els moviments oculars estudiats (sacàdics i els de seguiment) i entre aquests dos moviments.

Conclusions: Els joves i els adults presenten millors moviments sacàdics i de seguiment respecte els moviments oculars que presenten els nens i els grans. L'habilitat de la realització d'aquests moviments no és veu afectada per l'edat, mentre que la precisió dels moviments i la participació del cap en l'avaluació dels moviments oculars si que es veuen influenciats per l'edat. Finalment indicar que els grups dels grans tarden més temps en realitzar els moviments sacàdics de petita amplitud que els altres grups d'edat.



GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

EFFECTO DE LA EDAD EN LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS CLÍNICAS PARA LA EVALUACIÓN DE LOS MOVIMIENTOS SACÁDICOS Y DE SEGUIMIENTO

RESUMEN

Objetivo: estudiar el efecto de la edad en los resultados de las pruebas clínicas utilizadas habitualmente en la evaluación de los movimientos oculares sacádicos y de seguimiento.

Método: Se evaluaron 138 pacientes de distintas edades que cumplieran los criterios establecidos en el estudio. Estos fueron divididos en cuatro muestras dependiendo de la edad: escolares (entre 8 y 9 años), jóvenes (entre 19 y 25 años), adultos (entre 30 y 45 años) y grandes (mayores o iguales a 60 años). Las pruebas clínicas realizadas para valorar los movimientos sacádicos y de seguimiento fueron NSUCO (Northeastern State University College of Optometry), el Groffman (VTT) y el DEM (Developmental Eye Movement) / ADEM (Adult developmental Eye Movement) en condiciones binoculares.

Resultados: Las diferentes pruebas estadísticas con las que se han analizado los resultados muestran existen diferencias significativas entre los distintos grupos de edad y los movimientos oculares estudiados (sacádicos y de seguimiento) y también entre estos dos movimientos.

Conclusiones: Los jóvenes y los adultos presentan mejores movimientos sacádicos y de seguimiento respecto los movimientos oculares que presentan los niños y los grandes.

La habilidad de realización de estos movimientos no se ve afectada por la edad, mientras que la precisión de los movimientos y la participación de la cabeza en la evaluación de los movimientos oculares si que se ven influenciados por la edad. Finalmente indicar que el grupo de los grandes tardan más tiempo en realizar los movimientos sacádicos de pequeña amplitud que los otros grupos de edad



GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

EFFECT OF AGE IN THE RESULTS OF THE CLINICAL TESTS COMMONLY USED IN THE EVALUATION OF SACCADDES AND TRACING MOVEMENTS

ABSTRACT

Objective: To study the effect of age in the results of the clinical tests commonly used in the evaluation of saccades and tracing movements.

Methods: We evaluated 138 patients of different ages who followed the criteria established by the study. These ones were divided in four groups depending on the age: children (between 8 and 9 years), young people (between 19 and 25 years), adults (between 30 and 45 years) and advanced age (aged 60 or over). Those tests were conducted in order to valuate saccades and tracing movements and consisted of the NSUCO (Northeastern State University College of Optometry), the Groffman (VTT) and the DEM (Developmental Eye Movement) / ADEM (Adult Developmental Eye Movement) in binocular conditions.

Results: The results of the different statistical tests show that there are significant differences between different age groups and the ocular movements studied (saccades and tracing movements) and also between these movements.

Conclusions: Young people and adults present better saccades and tracing movements than children and people of advanced ages. The ability or skill to perform these movements is not affected by age, while the accuracy of those and the participation of the head in the evaluation of them are affected by age indeed. Finally, we note that people of advanced ages take longer time to make saccades than other ages groups.



GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

EFFECT OF AGE IN THE RESULTS OF THE CLINICAL TESTS COMMONLY USED IN THE EVALUATION OF SACCADDES AND TRACING MOVEMENTS

SUMMARY

Eye movements have the aim of moving the eyes towards the visual stimulus of the peripheral field (peripheral retina) in the central camp and to maintain the concentration, whether it is moving or whether it is static.

Prieto (1980) classifies these movements in: Ductions, Versions, Vergences, Saccades and Tracing. In this study we will focus solely on the last two, saccades and tracing eye movements. These movements are the ones in charge of moving the line of vision from one point in space to another.

The saccades movements are the fastest and most coordinated movements that the eyes can carry out and they perform the role of moving one part of the visual field in the foveal region forming part of the method of scanning the whole region, whilst the tracing movements are slow and continuous movements, that allow, in a prolonged way a clear vision of an object in movement.

The aim of this study is to study the effect of age on the results of the clinical trials that continuously use in the evaluation of saccades and tracing movements. To this end we will use evidence from NSUCO (Northeastern State University College of Optometry), the Groffman test (VTT) and the DEM (Developmental Eye Movement) / ADEM (Adult developmental Eye Movement) in order to develop the quality of the eye movements in four samples of different ages:

- **Children:** 36 primary school children between 8 and 9 years old. (Median age: 8.39)
- **Young people:** 40 young students of the Optical and Optometry Faculty of Terrassa between 19 and 25 years. (Median age: 21,20)
- **Adults:** 32 adults between the age of 30 and 45 years old. (Median age: 38,56)
- **Elderly:** 30 people aged 60 or more. (Median age: 72,17)

All these subjects fell into the criteria that were established in this study: monocular visual acuity (AV) \geq a 20/30 with its correction, compensated refractive defect $< \pm 6,00$ spherical dioptres, astigmatism $< - 3.50$, did not present amblyopia, nor strabismus,

nor previous oculars disease or difficulties with the language (poor knowledge of Catalan or Spanish or had dyslexia).

The NSUCO test allows to evaluate the ability, precision and if there are any head and/or body movements for saccades and tracing movements. These movements will be recorded with a digital camera in order to be assessed afterwards. In order to evaluate saccades movements, two stimuli are introduced (rings of Wolff) separated by a space of 20 cm and the patients have to carry out 10 changes in focus (5 cycles) and later register the tracing movements, the patient will fix a stimulus that will move creating a circumference of 360°, two clockwise and two anticlockwise.

The total score of the test takes into account the skill, accuracy and movements of head and body movements. Each of these parameters cant have a value from 1 to 5, where 5 represents a excellent quality of saccades or tracing movements and 1 represents poor quality.

The **Groffman** test shows the eye-motor ability that a patient shows in following a visual stimulus continuously, his eyes should be a point must go from one point of focus to another by following a marked path. This test has 5 sheets of increasing difficulties. Once the patient has started going over the route, that is when the time begins to be counted before he gives a response. When the patient has given the result the time stops being counted, if the answer is incorrect the score is 0, if the answer is correct a corresponding score is given. This scores goes from 10, corresponding to a low time needed to give a response, to 0 that corresponds to a long time needed to give a response.

The **DEM** is a test used for children, this has been normalised for those between 6 and 13 years old, and **ADEM**, for the tests in adults that has been standardised for adult use. Both evaluate small range eye-motor abilities during the reading.

These two tests are divided in sub-tests, where there are two sheets (A and B) with 40 numbers arranged vertically and the last level (C) that consists of 80 numbers placed horizontally at uneven distance. Once a patient stars with the test, the chronometer is set off and after the reading each sub-test it is stopped and the time is noted down on the observation sheet. Once we know the time that the patient takes in saying the numbers set out in the vertical and horizontal form it is then possible to calculate the reasoning ratio.

In order to carry out the statistical analysis of the results of this work the statistical programme SPSS (Statistical Product and Service Solutions) has been used, version 21.

Firstly, through the statistical analysis of the Kormogorov-Smirnov test we check that not all of the results obtained present a normal distribution in each one of the variables studied, inasmuch as there yield significant differences ($p < 0.05$).

However, just like some authors have commented (Alvarado i Batanero, 2008; Juárez, 2002) it is possible to apply the statistical parameter given that the study is over 30 or 40 cases.

Subsequently an analysis is realised for each one of the three tests:

- **NSUCO:** Firstly, we check that no significant differences existed ($p < 0.05$) between the gender and the total score of the test, as much for the saccades movements as the tracing movements.

The sample that got the highest score, which indicates the best quality of monitoring the saccades movements are young people, followed by adults then children and finally seniors.

We also observed for each one of the samples that the tracing movements showed a lower score than saccades movements.

The results obtained in children between the standardised range, in contrast with other groups, young people, adults and seniors we have a certain degree of discrepancy as we expected to have a higher score in the tracing movements than the saccadic ones just as much as the standardised test had indicated and not vice versa as indicated by our study.

If we emphasised a bit more on the parameters that characterise this test, ability, precision and head movement, we learn that these movements are upmost in groups the all age gr groups whilst precision and head movement, as Accardo (1995) found, a lower score is reached for the elderly than in younger people.

- **Groffman:** First of all, we check that there are not significant differences between gender and the total score of the test that evaluates the tracking movements. As aforementioned the total score of the Groffmant test is the addition of the score that are obtained in each of the 5 sheets that make up the test.

The sample that has the highest score is that of the young people, followed very closely by the adults, the children and finally the elderly that achieved the lowest score. The results obtained from the children's group, young people and adult are considered normal with according to the reference values. In contrast, the elderly are not, their score is much lower than that hoped. This tendency that we observed for the score to diminish commensurately with age matches with that found by Carlo A. Pavalotti (2008) who also concluded that as age increases the difficulties in realising tracking movements increase.

The model of this test anticipates that that the difficulty continues to increase as the pane of glass are passed over. However, if we observe the results obtained in each one of the give sheets of this test, we observe that the sheet that scores the highest in each group of the sample is the first sheet: the first sheet has the simplest pattern and one that obtains the lowest score is the last sheet, the one that has the most complicated pattern. Nevertheless, sheets 2, 3 and 4 did not garner the same score that score that we had hoped for if we in relation to the level of complexity of each one.

- **DEM / ADEM:** as we have already done in the other two tests we checked that there were not significant differences in relation to gender and horizontal time, vertical time and the ratio of the trial. Although the DEM and the ADEM test are fairly different tests we have joined them in this chart.
It is possible to observe the one of the elderly are the ones that the take the longest in completing the test achieving a longest time in both vertical and horizontal time whilst the young group are ones that completed the horizontal sub-test in the shortest time and the children in the vertical sub-test. We also

observed that the horizontal time is always higher than the vertical in all the samples, as we had expected.

The young people and the adults make almost no errors (omissions and repetitions) whilst the children and elderly do commit some. These results are related to those found in the investigation of Fukushima (2000) when the rate of errors of saccades, when they are evaluated through the DEM test, drop with age. We agree that between children and young people and adults there is a reduction in errors but in the elderly group the error rate increases.

Finally, the most common typology in all groups is Typology I, corresponding to good eye-motor abilities.

From the results obtained we can conclude that:

- There are no significant differences between genders when the saccades and tracing movements are assessed.
- The total score of the saccades movements is higher than that of tracing in the samples, when they are assessed with the **NSUCO** test. These results are contradicted by standardised test.

In this test there are no significant differences in the saccades and the tracing movements between elderly and children, nor between young people and adults, these last two achieve a higher score and therefore better than that the former two.

This allows us to say the eye movements still show a development in school age and reaches its best performance in adult age and the elderly people see its diminishment's of these abilities. The children and the elderly show less precision in the saccades movements and tracing and it is possibly for this reason that head movements are worst in children and in the elderly than in the young people.

- In the **Groffman** test we found that the groups that achieved the best score were the young people followed by the adults and children. The elderly group is that which presented the lowest score and with both clinical differences and statistically significant in contrast to other groups.

This also makes us believe that it is necessary a standardised Groffman test so that people over the age of 60 years old given that the score achieved is much further away than that expected according to the standardised values of the test.

As we have aforementioned the model of the test forecasts that the difficulty of the glass sheet grows from 1 to 5 but this is not the case therefore we consider that the test requires an update in its model.

- In contrast to the **DEM / ADEM** test it is possible to conclude that as we had hoped, the horizontal time is always greater than the vertical time independently of the sample group.



Furthermore, we observed that the time to carry out the trial increased with age and that the elderly and the children made more errors in carrying out the saccades movements than the adolescent and adults.

When we compared the results of each one of the sample groups according to age with those established as normal we uniquely found significant differences with the horizontal time in the elderly this was much higher than we had expected.

Finally, I aver that the idea to have a DEM test for adults (ADEM) was a excellent idea as it allowed us to evaluate the saccades movements on a small range between different ages.

ÍNDEX

1. INTRODUCCIÓ.....	1
2. MOVIMENTS OCULARS.....	2
2.1 Desenvolupament i maduració.....	2
2.2 Disfuncions i alteracions.....	3
2.3 Classificació.....	4
2.4 SACÀDICS.....	5
2.4.1 Característiques.....	6
2.4.2 Descripció.....	7
2.4.3 Evolució segons l'edat.....	7
2.4.4 Efecte de fàrmacs i drogues.....	8
2.4.5 Signes i símptomes de disfuncions.....	8
2.4.6 Avaluació.....	9
2.5 SEGUIMENTS.....	10
2.5.1 Característiques.....	10
2.5.2 Descripció.....	10
2.5.3 Evolució segons l'edat.....	10
2.5.4 Efecte de fàrmacs i drogues.....	11
2.5.5 Signes i símptomes de disfuncions.....	11
2.5.6 Avaluació.....	12
3. OBJECTIUS.....	13
4. METODOLOGIA.....	14
4.1 Consideracions ètiques.....	14
4.2 Disseny de l'estudi.....	14
4.3 Selecció de la mostra, criteris d'inclusió i exclusió.....	15
4.4 Instrumentació.....	16
4.5 Avaluació dels moviments.....	17

4.5.1 NSUCO.....	17
4.5.2 GROFFMAN- VTT.....	21
4.5.3 DEM/ ADEM.....	24
5. RESULTATS.....	28
5.1 Tractament de dades.....	28
5.2 Descripció de la mostra.....	29
5.3 Anàlisi estadístic.....	30
5.3.1 NSUCO.....	30
5.3.2 Groffman (VTT)	34
5.3.3 DEM / ADEM.....	37
5.3.4 Comparació dels resultats obtinguts amb altres estudis...	40
6. DISCUSSIÓ i CONCLUSIONS.....	42
7. BIBLIOGRAFIA.....	44

Índex d'annexos

Annex I: Full d'informació per el pacient i full de consentiment informat

Annex II: Fitxa inclusió / exclusió en l'estudi

Annex III: Full d'avaluació del test Groffman

Annex IV: Full d'avaluació del test DEM / ADEM

Índex de figures

Fig. 2.1. Descripció musculatura de l'ull (imatge extreta de <http://saludvisual.info/anatomia-y-fisiologia/musculos-extraoculares/>).

Fig. 2.2. Descripció dels moviments sacàdics inexactes, hipofixacions i híperfixacions.

Fig. 2.3. La figura A representa els moviments sacàdics durant la lectura(imatge extreta de http://www.askdrpearson.com/AboutReading_DRP.html). I la figura B descriu les fixacions, els moviments sacàdics i els salts de línia durant la lectura (imatge extreta de *Fundamentos de la visión binocular*. Pons A Martinez – Verdú. Fml Universidad d'Alacant 2004)

Fig. 2.4. La figura representa un moviment ocular ràpid en resposta a un desplaçament del objecte cap a la dreta, on s'observa la seva latència (200ms) i la trajectòria del MOR (imatge extreta de *Neuroftalomologia*, Giser J. S. 2na Ed, 1993).

Fig. 2.5. La figura representa un moviment de seguiment en resposta a un moviment del objecte de velocitat constant cap a la dreta i també s'observa la latència d'aquest (125 ms) (imatge extreta de *Neuroftalomologia*, Giser J. S. 2na Ed, 1993).

Fig. 4.1. Aquestes figures representen una nena, pacient de la mostra 1, realitzant la prova del NSUCO. En la figura A s'observa el muntatge utilitzat per poder enregistrar adequadament la prova. En la B s'observa la avaluació dels moviments sacàdics. I finalment en la C l'avaluació dels moviments de seguiment.

Fig. 4.2. Aquestes figures representen una pacient de la mostra 2 realitzant la prova del NSUCO. En la figura A s'observa el muntatge utilitzat per poder enregistrar adequadament la prova. En la B s'observa la avaluació dels moviments sacàdics. I finalment en la C l'avaluació dels moviments de seguiment.

Fig. 4.3. Imatge de l'observadora realitzant la prova del NSUCO per els moviments sacàdics.

Fig. 4.4. Làmina de demostració (D1) del test Groffman.

Fig. 4.5: Pacients de la mostra realitzant el test Groffman (VTT) sota la supervisió de la supervisora. La figura A mostra un pacient de la mostra 1, una nena, realitzant el test Groffman. La figura B mostra un pacient de la mostra 2, realitzant el test Groffman. I finalment la figura C mostra un pacient de la mostra 3 realitzant el test Groffman

Fig. 4.6: Làmines del test Groffman

Fig. 4.7: Làmines del test A i B del test DEM (columnes verticals) i làmina del test C (figures horitzontals)

Fig. 4.8: Nena realitzant el sub-test vertical del DEM sota la supervisió de l'examinadora.

Fig. 4.9: Pacients del grup 2 i 3 realitzant el test ADEM sota la supervisió de l'examinadora. La figura A mostra un pacient de la mostra 2 realitzant la sub-prova vertical. I la figura B mostra un pacient de la mostra 3 realitzant la sub-prova horitzontal.

Índex de taules

Taula 4.1: Valors de puntuació del test NSUCO pels moviments sacàdics i de seguiment.

Taula 4.2. Relació punts – temps del test Groffman.

Taula 4.3. Classificació de les tipologies clíniques segons el resultat del DEM/ ADEM

Taula 5.1. Descripció de la base de dades dels resultats

Taula 5.2. Descripció de les edats de la mostra total i de cadascuna de les quatre mostres

Taula 5.3. Taula descriptiva dels resultats del test NSUCO (mitja, desviació estàndard i percentils) tant dels moviments sacàdics com de seguiment i la comparació d'aquests moviments per les quatre mostres i per la mostra total.

Taula 5.4. Diferència dels resultats de les proves de seguiment i sacàdics en el test del NSUCO entre les mostres.

Taula 5.5. Taula descriptiva dels resultats del test Groffman (mitja, desviació estàndard i percentils) per les quatre mostres i per la mostra total.

Taula 5.6. Diferència dels resultats del test Groffman entre les diferents mostres.

Taula 5.7. Taula descriptiva dels resultats del temps horitzontal, vertical i rati obtinguts en el test DEM / ADEM i la diferència entre el temps horitzontal i el temps vertical per les quatre mostres i per la mostra total.

Taula 5.8 Diferència del temps horitzontal i el temps vertical entre les diferents mostres.

Taula 5.9 Taula descriptiva de les tipologies de cadascuna de les mostres i de la mostra total.

Índex de gràfiques

Gràfica 2.1. Representació de la relació de la velocitat del sacàdic (deg/sec) i l'amplitud (°) (Gahill, Clarck, Stark: 1975)

Gràfica 2.2. Representació de la duració dels moviments de seguiment amb l'edat, des de 0-4 mesos fins els adults (imatge extreta Adapted from Phillips Po, Finocchio Dv Ong L, et al Smooth pursuit iin 1 – 5o 4 Smonth- - old human infants. Vision Res 1997; 37;3009-3020).

Gràfica 5.1. Representació descriptiva del sexe de la mostra total.

Gràfica 5.2. Descriptiu de les mitjanes i desviació estàndard dels moviments sacàdics i de seguiment de cada mostra.

Gràfica 5.3. En la gràfica A es representa els resultats obtinguts dels tres paràmetres (moviment de cap, habilitat i precisió) dels moviments sacàdics per cadascuna de les mostres. I en la gràfica B representa els resultats obtinguts dels tres paràmetres (moviment de cap, habilitat i precisió) dels moviments de seguiment per cadascuna de les mostres.

Gràfica 5.4. En la gràfica A es representa la mitja de la puntuació total del test Groffman de cadascuna de les mostres. I en la gràfica B es representa els diagrames de caixes segons la mostra total i la puntuació total del test Groffman.

Gràfica 5.5. Descriptiu de la mitja dels resultats obtinguts per cadascuna de les cinc làmines del test Groffman per cadascuna de les mostres.

Gràfica 5.6. Descriptiu de les mitjanes i les desviacions estàndards del temps horitzontal i del temps vertical del test DEM/ADEM per cadascuna de les mostres.

Gràfica 5.7. Gràfica descriptiva de les mitjanes dels errors segons cada grup de la mostra.

1. INTRODUCCIÓ

El sentit de la vista es considera el més valuós dels cinc sentits, ja que l'ésser humà rep aproximadament el 75% de la informació del món que l'envolta a través dels ulls.

Una visió eficaç s'aconsegueix amb el correcte i precís funcionament de tots els components oculars que hi contribueixen, així doncs, els moviments oculars també són molt importants.

Aquests moviments estan originats per sis músculs que permeten orientar l'ull en direcció vertical, horitzontal o circular i estan íntimament relacionats amb el processament de la informació visual. L'objectiu d'aquests moviments oculars és el de dirigir les imatges dels objectes cap a la zona foveal de la retina de l'ull.

Per tant, podem considerar que aquests moviments tenen gran importància en activitats d'atenció, concentració, aprenentatge, com per exemple la pràctica de qualsevol esport o el simple fet de llegir un llibre.

Dins dels moviments oculars, en trobem tres tipus:

- Les fixacions
- Els moviments de seguiment, capaços de seguir un objecte en moviment
- Els moviments sacàdics de complexitat més elevada que permeten als nostres ulls saltar d'un objecte a un altre

En aquest treball ens centrarem en els dos últims (els de seguiment i els sacàdics).

Però quina evolució experimenten aquests moviments? Són iguals per a tots els grups d'edat? Existeixen diferències entre nens petits i gent d'avançada edat? Com evolucionen amb els anys?

Pocs investigadors són els que han indagat sobre l'evolució d'aquests moviments, la majoria centrant-se en paràmetres com per exemple la seva amplitud, les velocitats, la latència... Però que passa quan passem les mateixes proves clíniques a persones de diferents grups d'edat?

Aquestes són algunes de les qüestions a les quals intentarem donar resposta amb la realització d'aquest treball, i així poder conèixer de primera mà quins possibles efectes té l'edat sobre dos tipus de moviments oculars tan importants com són els moviments sacàdics i de seguiment.

2. MOVIMENTS OCULARS

Els globus oculars estan situats dins la cavitat orbitaria. Aquests es poden moure en totes les direccions gràcies a la inserció de sis músculs extra-oculars.

Cadascun d'aquests músculs té la capacitat de moure el globus ocular dins de l'òrbita en una acció dinàmica (contracció del múscul) i també d'impedir el moviment del ull en sentit contrari a la seva contracció, relaxació del múscul (acció estàtica).

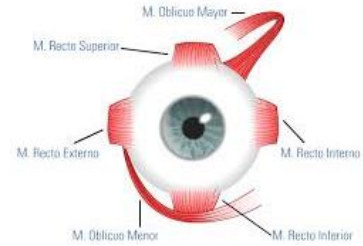


Figura 2.1: Descriptiu musculatura ull

Els moviments oculars són moviments coordinats o conjugats dels músculs extra-oculars (Blythe et al., 2009), tenen com a missió dirigir els ulls cap als estímuls visuals del camp perifèric (retina perifèrica) al camp central i mantenir la fixació sobre l'estímul d'interès, tant si es troba en moviment com si està estàtic. L'objectiu és mantenir centrada la imatge en la fòvea i també tenen la funció de coordinar ambdós ulls per obtenir visió binocular única (no doble), a més a més al coordinar els moviments oculars i de cap s'aconsegueix augmentar el camp de fixació binocular fins 360° (c.4, p. 51, Verdú 2004)

2.1 Desenvolupament i maduració

El desenvolupament de les capacitats del sistema de moviments oculars es considera lent en contrast amb les capacitats del sistema acomodatiu i binocular. Així, per exemple, podem dir que l'amplitud d'acomodació ja és estable a les dues primeres setmanes de vida mentre que els moviments oculars són més estables al voltant dels sis mesos i no és fins a l'any quan podem dir que s'assemblen als moviments d'un adult. (Esparza Leal, Héctor; García Félix, Melissa Paola).

Quan el nen s'inicia en l'etapa escolar, la gran major part de les habilitats visuals estan desenvolupades, aquestes són: Agudesia Visual (AV), acomodació, estereopsis, discriminació cromàtica i visió binocular.

En canvi el sistema oculomotor continua progressant a través dels primers anys de la educació infantil que és quan es solen manifestar les possibles anomalies oculomotores dels nens. Un desenvolupament lent sembla donar-se a complexos fenòmens d'atenció i cognitius que afecten els diferents tests. Degut a aquest lent procés en el desenvolupament normal del control dels moviments oculars i lleus retards en la seva maduració poden comportar una falta en l'adquisició, en els temps correctes, de les habilitats visuals oculomotrius adequades per la realització de les feines a classe (Scheiman, 1994), ja que aquests mecanismes estan especialment implicats en els processos d'aprenentatge i lectura.

2.2 Disfuncions i alteracions

Quan parlem del sistema oculomotor, podem diferenciar entre una disfunció i una alteració:

Una **disfunció oculomotora** és una anomalia funcional sense un fons patològic. Produïda per lleus variacions de la visió binocular com poden ser problemes de vergència, acomodatius o moviments sacàdics i de seguiment inadequats.

Una **alteracions oculomotora** és aquella en que existeixen danys estructurals o funcionals severs, que poden estar relacionats amb etiologies més series com poden ser el síndrome de Wallenber, la malaltia de Alzheimer, la de Parkinson, també poden ser defectes en el camp visual, nistagmus etc.

Alguns autors, com Leonard Press, diferencien dues causes que poden provocar disfuncions en la motilitat ocular una deguda a un mal desenvolupament del sistema motor i l'altra en la funció, així doncs podem dir :

- **Disfuncions en el desenvolupament:** son degudes a que les habilitat son immadures, solen anar acompanyades a dificultats en la lateralitat i direccionalitat. Aquesta disfunció es pot veure relacionada amb una baixa puntuació en l'apartat de moviments de cap i/o cos dels tests de motilitat ocular.

- **Disfuncions funcionals:** les habilitats es desenvolupen adequadament però una situació d'estrès visual pot provoca una regressió. Per exemple una demanda lectora per sobre de les capacitats.

Una anomalia oculomotora pot reflectir malalties subjacents del sistema nerviós central o ser el resultat de problemes funcionals o de desenvolupament. Per tant, poder avaluar l'estat de la funció oculomotora permet detectar si hi ha o no la presència de paràlisis, parèsies o restriccions mecàniques en algun camp de mirada, per tant és important la seva avaluació per conèixer si els moviments sacàdics i de seguiment són adequats, aquests dos tenen vies nervioses independents, una malaltia neurològica podrà afectar a un d'ells i deixar a l'altre intacte.

No s'ha d'oblidar que aquests tipus de moviments són utilitzats durant la lectura, per tant una alteració d'aquests moviments durant la lectura podria interferir amb l'aprenentatge de l'individu.

Els signes i símptomes que ens fan estar alerta per intuir la presència d'una disfunció oculomotora són una reduïda habilitat pel control visual dels objectes, dificultat per fixar, localitzar i seguir objectes, mal de cap i /o d'ulls, visió borrosa ocasional, fotofòbia, llagimeig, envermelliment ocular etc

Els moviments oculars tenen una gran importància en la lectura, ja que aquesta es realitza a base de sacàdics i fixacions. Per tant si ens centrem en la lectura podem trobar un gran nombre de signes i símptomes que ens podrien indicar una disfunció oculomotora com seria: pèrdua de la fila, ometre paraules, invertir lletres, números o paraules, lentitud en la lectura, lectura en veu alta, utilització del dit per llegir, tendència a sostindre e material de lectura més a prop de l'esperat, apropar-se massa al veure la TV impossibilitat de realització de feines de prop durant períodes de temps prolongats, escassa duració de l'atenció, moviments de cos, cansament al llegir, etc.

2.3 Classificació

Des del punt de vista funcional els moviments oculars es divideixen en tres àrees, estímul sensorial, integració nerviosa i motora. Cadascuna d'aquestes àrees està especialitzada en una funció dins del processament visual, així la informació **sensorial** permet que el cervell conegui les característiques dels ulls i la relació del cos amb l'espai. Després aquesta informació sensorial és analitzada per el mecanisme **d'integració nerviosa**, el qual prendrà decisions i les enviarà als **mecanismes motors** per canviar la posició dels ulls i del cos en l'espai.

Prieto (1980) fa una classificació que es basa amb les finalitats dels moviments oculars, els classifica en:

- **Duccions:** moviments monoculars al voltat dels eixos X, Y, Z.
- **Versions:** moviments binoculars, els ulls es desplacen cap a la mateixa direcció i sentit.
- **Vergències:** moviments binoculars disjuntius, els ulls es desplacen en la mateixa direcció però en sentit oposat.
- **Seguiments:** moviments automàtics, que mantenen sobre la fòvea la imatge d'un objecte, no es desplacen a una velocitat més gran de 45°/s
- **Sacàdics:** moviments més ràpids permet fixar l'objecte d'interès a la fòvea.

Més recentment, **Carpenter (1988)** classifica els moviments oculars segons la seva funcionalitat:

- **Moviments per el manteniment de la mirada** (automàtics/involuntaris): compensen el moviment que poden presentar els objectes o bé el cap amb la finalitat de mantenir la imatge lo més fixe possible damunt la fòvea
Aquests moviments poden ser *vestíbulo-oculars* (compensen els moviments de cap) i *optocinètics* (compensen els moviments de l'objecte).

- **Moviments per el desplaçament de la mirada** (voluntaris): permeten passar l'atenció d'un objecte d'interès a un altre i es subdivideixen en tres tipus:

- Sacàdics: canvis bruscs de fixació.
- Seguiment o persecucions: moviments oculars de seguiment rotacional ràpid, amb un estímul de fixació clar.
- Vergències: moviments en els que es varia l'angle d'encreuament dels eixos visuals

Aquests moviments permeten desplaçar la mirada, és a dir permeten passar l'atenció d'un objecte a un altre, incrementant així el camp visual efectiu. Aquestes habilitats oculomotores només es poden avaluar per mètodes directes.

I requereixen el coneixement de:

- On està localitat objecte en l'espai
- On estan el ulls a l'òrbita
- On està les òrbites en relació al cap
- On està el cap en relació cos
- On està el cos respecte espai

- **Moviments de fixació:** Evitar el fenomen de Fading (desaparició de la imatge per saturació dels fotoreceptors retinians. Quan es manté la fixació d'un objecte damunt la fòvea, cal que es produeixin uns petits moviments oculars perquè la imatge no s'esvaeixi) inclou diferents tipus de micro-moviments: els *micro-sacàdics*, *desplaçaments lents*, els de *tipus tremor* i les *fluctuacions*.

En aquest treball ens centrarem únicament en els moviments oculars sacàdics i de seguiment. Tal i com ja s'ha comentat anteriorment, aquests moviments són els encarregats de desplaçar la línia de mirada d'un punt del espai a un altre.

Els moviments sacàdics es diferencien dels moviments de seguiment per la seva acceleració inicial ($30,000^a/\text{sec}^2$). Comencen i acaben de manera brusca, poden ser voluntaris i/o involuntaris. En canvi els moviments de seguiments és produeixen de manera voluntària i amb una velocitat d'acceleració inferior.

2.4 Moviments sacàdics

Els moviments sacàdics són moviments oculars que permeten dirigir ràpidament la nostra línia de mirada al punt d'interès per tal d'estimular la fòvea, permet fixar un objecte que apareix en qualsevol lloc del camp visual, o bé moure els ulls d'un objecte a un altre.

És a dir són els moviments més ràpids i coordinats que poden realitzar els ulls i tenen la funció de portar una part del camp visual a la regió foveal, formant part de l'estratègia d'escaneig de la escena.

El seu temps de latència és baix, entre 150 i 200ms, però amb una gran velocitat ($700 - 1000^\circ/\text{s}$, 20- 40ms).

El seu control neurològic principal és el lòbul frontal contra lateral.

El moviment sacàdic ideal és un moviment únic que alieni ràpidament i amb exactitud la fovèola amb el punt d'interès, en definitiva ha d'aconseguir una perfecta fixació. És important la que la realització d'aquests moviments oculars sigui precisa ja que són importants en casi totes les activitats visuals, incloent aspectes de l'activitat escolar com copiar d'un llibre o de la pissarra, en esports etc.

Però els moviments sacàdics poden ser inexactes: poden ser curts, necessitant així un segon sacàdic de menor amplitud per aconseguir arribar a l'estímul (hipofixacions) o be al contrari poden sobrepassar l'objecte, necessitant així un segon sacàdic de menor amplitud per aconseguir arribar a l'estímul. (hiperfixacions). (Figura 2.2)

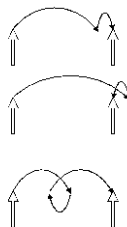


Figura 2.2: Descriptiu hipofixacions i hiperfixacions

Contribució dels moviments sacàdics en la lectura

Els moviments sacàdics, són els moviments oculars que es realitzen durant la lectura, on s'encarreguen de portar l'ull a fixar paraula per paraula en la lectura.

El lector escaneja cada línia del text mitjançant una sèrie de moviments sacàdics alternant-los amb una sèrie de fixacions.

Ocasionalment el lector realitza uns moviments anomenats "sacàdics de regressió" per tornar a fixar sobre una part anterior del text. I quan aquest arriba al final d'una línia, es produeix un gran sacàdic, anomenat "Return sept", aproximadament d'uns 10° el qual porta els ulls al principi de la pròxima línia a llegir (Mico, 2002)

Scheiman (1994) indica que quan menys sacàdics es realitzin durant la lectura i més amplia sigui la visió parafoveal, més ràpida és la lectura i la seva comprensió.

Els esquemes que es mostren a continuació representen els moviments sacàdics que es realitzen durant la lectura (Figura 2.3)

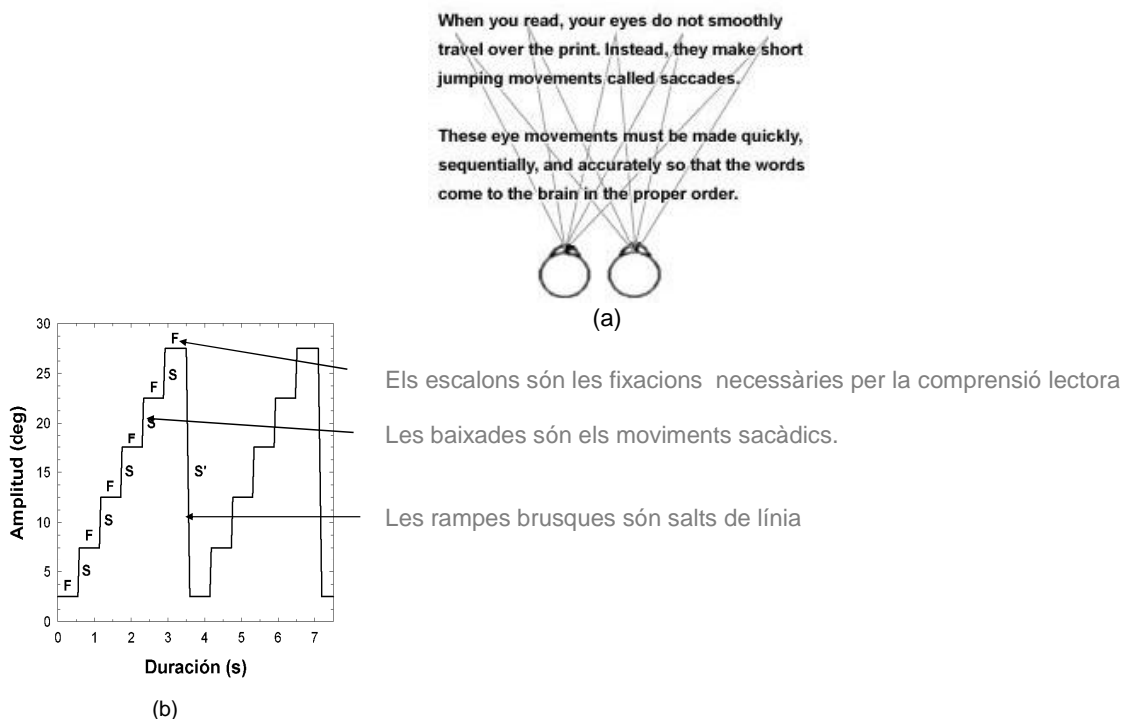


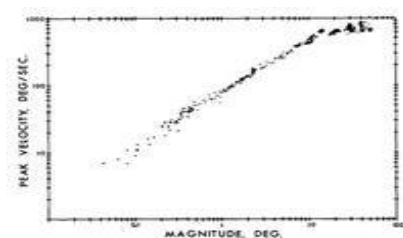
Figura 2.3: (a) Descriptiu moviments sacàdics durant la lectura (b) Descriptiu fixacions, moviments sacàdics i salts de línia durant la lectura.

2.4.1 Característiques

La **duració** mitja d'un sacàdic depèn de la seva magnitud i oscil·la entre promitjos de 30 i 120 ms (Becker, 1991; Carpenter, 1988; Leigh y Zee, 1991; Young y Sheena, 1975).

L'àrea típica de cobertura d'un sacàdic és d'uns 30°, angle a partir del qual es fa precís el moviment del cap per redirigir la mirada.

La **velocitat** que pot arribar un sacàdic depèn de l'amplitud del moviment, com més gran es l'amplitud més gran és el moviment (Bahill, Clark, Stark; 1975). (Gràfica 2.1)



Gràfica 2.1 Relació entre la velocitat del sacàdic (deg/sec) i amplitud (°).

Els moviments petits desenvolupen velocitats de 100 a 200°/s, els moviments més amplis arriben fins 500°/s. Inclús poden arribar a velocitats de 800°/s.

El **temps de reacció** (latència) en la execució del moviment sacàdic és el temps que transcorre des de l'aparició d'un estímul fins a la finalització del seu sacàdic. El seu valor normal és aproximadament de 200ms per 10° d'amplitud. Aquest pot canviar depenent de la il·luminació, tamany, contrast del estímul, motivació i atenció del subjecte (Carpenter, 1988).

Tal i com ja s'ha mencionat anteriorment el moviment sacàdic ideal és un moviment ocular simple que s'inicia ràpidament i para de forma sobre l'estímul d'interès, alinea ràpidament i amb exactitud la fovèola amb el punt d'interès.

El valor esperat d'un moviment sacàdic és de menys d'un segon, precís i amb bona sincronització entre ambos ulls. No s'han de produir avançaments o endarreriments respecte al punt de fixació que requereixin un sacàdic secundari per compensar l'error.

2.4.2 Descripció

Els moviments sacàdics poden ser descrits mitjançant tres paràmetres: Amplitud (A), duració (D) i màxima velocitat (PV). Aquest darrer està relacionat amb l'amplitud. (Figura 2.4)

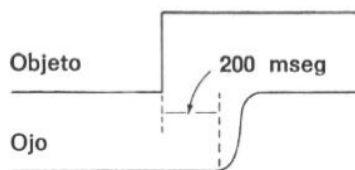


Figura 2.4: Representació d'un moviment ocular ràpid en resposta a un desplaçament de l'objecte cap a la dreta, en el que s'il·lustra la latència (200ms) i la trajectoria del MOR (sacudida)

2.4.3 Evolució segons l'edat

A mesura que ens anem fent grans, les funcions del sistema visual comencen a deteriorar-se, incloent els moviments oculars (Morgan, 1993).

Per estudiar l'evolució dels moviments sacàdics cal centrar-nos en els diferents paràmetres que els caracteritzen, l'amplitud, l'exactitud, latència, velocitat i moviment de cap i cos.

Primer de tot ens centrem amb l'amplitud, aquesta és de 10- 20° en adults (Collewyn, 1988a; Sharpe i Jackson 1987), mentre que amb els nens pot ser tan baixa com 0.5° (Aslin i Salapatek; 1975).

Fins i tot els nadons poden necessitar entre tres i quatre sacàdics per portar un objecte a la fòvea (Aslin i Salapatek, 1975; Jacobs, 1992; Leih i Zee, 1999).

A partir de l'any d'edat, l'amplitud millora substancialment i pot apropar-se a valors d'un adult.

Al 1992, Accardo, va determinar que les velocitats dels sacàdics eren més grans en nens que en adults, posteriorment al 1995 aquesta teoria va ser recolzada per Fioravanti. Però al 2003 Babu va considerar aquesta teoria va crear controvèrsia, considerant que la velocitat d'aquests moviments no presenta diferències significatives amb l'edat.

Els estudis de Michael S. Salman (2006) i Fukushima (2000) coincideixen en que la velocitat no canvia amb l'edat, les velocitats dels moviments sacàdics dels adults és molt semblant amb els nens. Aquest fet implica la maduresa dels circuits neuronals responsables de fer els moviments sacàdics de manera precisa i ràpida.

Respecte la latència, Aslin i Salapatek (1975) indiquen que aquesta té un valor al voltant de 500 ms i segons Fukushima (2000), Kapoula i Bucchi (2002) aquesta va disminuint amb l'edat, a mesura que el cervell madura.

La latència arriba a un valor entre 180 i 220 ms en adults (Gagnon, 2002; Walker, 2000; Michael S. Salman, 2006). Fukushima (2000) considera que a l'edat de 12 anys ja s'aconseguien nivells de latència d'adults.

Un altre punt que cal tenir en compte amb els moviments sacàdics, és la taxa d'errors, Fukushima (2000) indica que disminueixen amb l'edat i també comenta que els infants tendeixen a fer diversos sacàdics de petita amplitud per tant el que estan fent constantment els infants són híper o hipofixacions.

Finalment, la precisió en nens de 4 anys d'edat és tant precisa com amb els adults.

És a dir, amb l'edat, la freqüència sacàdica, amplitud, velocitat màxima, velocitat mitja d'aquests moviments es redueixen.

2.4.4 Efecte de fàrmacs i drogues

El consum d'alguns fàrmacs i drogues pot produir diferents canvis en els moviments sacàdics, com pot ser un augment del temps de latència (analgèsics), disminució de la velocitat i un augment de fixació i regressions (ansiolítics), disminució de la velocitat i pèrdues de fixació (sedatius) i menys efecte, inici lent i disminució de l'amplitud del moviment (alcohol) (A. N. Griffiths, R. W. Marshall i A. Richens, 1984)

2.4.5 Signes i símptomes de disfuncions de moviments sacàdics

Quan aquests moviments no són precisos el subjecte pot ometre, confondre o suposar paraules. Altres símptomes que podem trobar són (Rodríguez, M. A, 2006):

- moviment excessiu de cap
- pèrdua freqüent de lloc
- omissió de paraules
- omissió de línies
- velocitat lenta de lectura
- comprensió dels textos pobre
- dificultat de copiar de la pissarra
- dificultat de solucionar problemes aritmètics amb columnes de números
- dificultat per fer tests psicològic o educacionals estàndards amb l'ordinador o papers

I els signes principals que ens permeten detectar alguna disfunció dels moviments sacàdics són:

- Puntuació per sota de l'edat al NSUCO
- Puntuació per sota de l'edat al Visagraph

2.4.6 Avaluació

Els moviments sacàdics es poden classificar segons la seva amplitud en:

- Moviments sacàdics de gran amplitud.
- Moviments sacàdics de petita amplitud.

Aquests dos moviments es poden valorar de forma monocular o binocular, i es valora la precisió del moviment, la inhibició dels moviments de cap i la pèrdua i /o confusió.

El propòsit dels tests que avaluen els moviments sacàdics és valorar la qualitat i precisió dels mateixos. S'han desenvolupat una gran quantitat de procediments per valorar-los. Els tests poden incloure observació directa del examinador, tests estandarditzats amb format visuo-verbal cronometrat i examen objectiu dels moviments oculars utilitzant proves electrodiagnòstiques.

- **Test d'observacions directa:** Aquest tests requereixen que el pacient miri de manera alternativa d'un objecte a un altre mentre l'optometrista observa els moviments sacàdics que realitza el pacient. Hi ha diferents escales per uniformitzar la valoració. Aquestes escales són altament subjectives i els optometristes no experimentats poden tenir dificultat per aprendre el seu ús.

Dins d'aquests tests trobem el test NSUCO (Northeast State University College of Optometry). Aquest test oculomotor permet avaluar la qualitat tant dels moviments sacàdics com la dels de seguiment, mitjançant l'observació. La seva escala de puntuació de l'1 al 5 i s'ha de puntuar l'habilitat, l'exactitud, els moviments de cap i els moviments de cos (1 correspon a un mal resultat, i un 5 és un bon resultat).

- **Test cronometrats i estandarditzats:** són tests econòmics, fàcils de realitzar i proporcionen una valoració quantitativa dels moviments oculars simulat en un ambient de lectura. Hi ha diferents tipus de tests, com *la Prova de sacàdics de Pierce, la Prova de King-Devick, Prova del desenvolupament del moviment ocular (DEM)*.

El DEM proporciona una mesura quantitativa i objectiva dels moviments sacàdics de petita amplitud i permet així conèixer i les capacitats oculomotores.

- **Proves electrodiagnòstica:** són proves totalment objectives. Hi ha diferents mètodes com poden ser, mètodes electró-oculogràfics (EOG), mètodes infrarojos de reflex en còrnia (Eye- Trac) i els mètodes de vídeo-gravar.

2.5 Moviments de seguiment

Els moviments de seguiment són moviments lents i continus, que permeten mantenir de forma continuada una visió nítida d'un objecte en moviment, és a dir tenen la funció de possibilitar la visió clara i continuada d'objectes en moviment. Aquest reflex de seguiment visual produeix moviments oculars que assegurin la fixació foveal continuada d'objectes mòbils en l'espai.

Aquests moviments són de control voluntari, l'observador pot elegir si desitja o no seguir l'estímul en moviment. (Purves D, Augustine GJ, Fitzpatrick D, 2001).

El seu control neurològic principal és el lòbul occipito- parietal ipsilateral.

Aquestes moviments es poden veure afectats per la edat, atenció i la motivació entre altres factors.

Els moviments oculars de seguiment són especialment importants en determinades activitats com la conducció i en esports que requereixin el seguiment d'objectes en moviment.

2.5. 1 Característiques

Tal i com ja s'ha comentat anteriorment, són moviments lents, entre 30 i 45 °/s. Les velocitats màximes que es poden esperar són aproximadament de 90° per segon, tot i que poden obtenir-se valors superiors amb moviments d'objectes de gran amplitud. Si l'objecte és mou a més velocitat es realitza una combinació de moviments sacàdics i de seguiment.

Són llargs i continus i no es poden realitzar sense absència d'estímul en moviment. Aquests moviments es produeixen de manera coordinada en els dos ulls.

2.5.2 Descripció

Els moviments de seguiments poden ser descrit mitjançant els paràmetres: precisió moviment, inhibició moviment, confusió i/o pèrdues

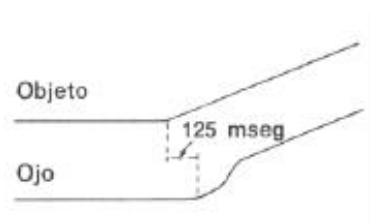


Figura 2.5 Representació d'un moviment de seguiment en resposta a un moviment del objecte de velocitat constant cap a la dreta, en la que s'il·lustra la latència (125ms) .

2.5.3 Evolució segons l'edat

Per estudiar l'evolució dels moviments de seguiment cal centrar-nos en els diferents paràmetres que els caracteritzen, l'amplitud, l'exactitud, latència, velocitat i moviment de cap i cos.

Moscher i Baloh (1994), afirmen que els moviments de seguiment és veuen perjudicats amb l'edat, independentment de la velocitat de realització d'aquests. Aquesta teoria va ser recolzada per Carlo A. Pavalloti (2008), que conclou que a mesura que l'edat augmenta, també augmenten les dificultats per realitzar aquests

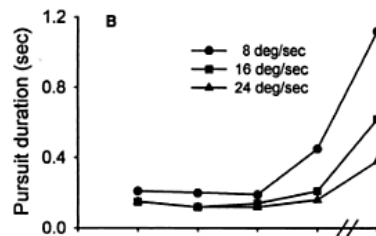
moviments, per tant els pacients grans tenen més dificultat a realitzar les proves que els joves.

Estudis com els de Sharpe i Sylvester (1978), Spooner, Sakala i Balho (1980) i Kanayamma (1994) van trobar una relació mínima, pràcticament inexistent, entre la velocitat de 5 – 10°/s i l'edat, és a dir que no existia relació entre la velocitat dels moviments de seguiment i l'edat.

Posteriorment, es va demostrar que la velocitat dels moviments de seguiment disminuïa amb l'edat (Kaufman i Abel, 1986).

Un estudi que parla de la velocitat i de la precisió dels moviments és el d'Accardo (1995), que considera que tant la velocitat com la precisió dels moviments, augmenta amb l'edat, per tant en els escolars la velocitat és menor i la posició més inexacta que en els adults

Respecte la seva duració, Smooth (1997) aquesta augmenta a mesura que augmenta la edat. Tal i com s'observa a la gràfica 2.2.



Gràfica 2.2 Duració dels moviments de seguiments amb l'edat (0- 4)mesos i adults)

2.5.4 Efecte de fàrmacs i drogues

El consum d'alguns fàrmacs i drogues pot produir canvis en els moviments de seguiment (ansiolítics, analgèsics, sedatius i alcohol), és deteriora el moviment de seguiment cap a sacàdics (Neil R. Carlson, 1996)

2.5.5 Signes i símptomes de disfunció de moviments de seguiment

La disfunció en els seguiments interfereix en els esports. Qualsevol esport que impliqui el seguiment d'una pilota provocarà una demanda significativa en el sistema dels seguiments oculars. Per exemple tenir dificultat per agafar o glopejar una pilota.

Altres símptomes que podem trobar són:

- Moviment excessiu de cap
- Rendiment pobre als esports
- Lectura dificultosa

La prova del NSUCO permet detectar alguna disfunció en els moviments de seguiments quan la puntuació que s'obté és inferior a l'esperada per l'edat del pacient.

Una alteració amb els moviments de seguiments normalment és compensada per un nombre petit de sacàdics per tal de mantenir la fixació. (Carlo A. Pavalloti, 2008)

2.5.6 Avaluació

El propòsit del test dels seguiments és valorar la qualitat i precisió dels mateixos. No hi ha tantes formes d'avaluació per els seguiments com pels sacàdics. Aquestes tècniques són l'observació directa i la prova de seguiment visual de Groffman.

- **Observació directa:** Aquest test requereixen al igual que els test dels moviments sacàdics que el pacient miri directament a un objecte, però en aquets moviments, els de seguiment, l'objecte estarà en moviment constant i mentrestant l'optometrista observa els moviments de seguiment que realitza el pacient. La seva tècnica és fàcil però la observació és més complicada i qüestionable.

Hi ha varies escales per uniformitza la valoració. Aquestes escales són altament subjectives i els optometristes no experimentats poden tenir dificultat per aprendre el seu ús.

Dins d'aquests tests trobem el test NSUCO (Northeast State University College of Optometry). Aquest test oculomotor permet avaluar la qualitat tant dels moviments sacàdics com la dels de seguiment, mitjançant l'observació. La seva escala de puntuació de l'1 al 5 i s'ha de puntuar l'habilitat, l'exactitud, els moviments de cap i els moviments de cos (1 correspon a un mal resultat, i un 5 és un bon resultat).

- **Prova de seguiment visual de Groffman:** aquest test permet realitzar una mesura quantitativa sobre l'habilitat oculomotora i incorpora el factor del NO llenguatge.

El test compara el temps que el pacient triga en resseguir visualment un camí que té un punt de partida i un punt d'arribada. El temps es compara amb els valors que estan normalitzats en funció de la edat per saber si hi ha algun problema de rastreig visual.

3. OBJECTIUS

Objectiu genèric de l'estudi

La finalitat d'aquest treball és estudiar l'efecte de l'edat en els resultats de les proves clíniques utilitzades habitualment en l'avaluació dels moviments sacàdics i de seguiment. Per dur a terme aquest estudi utilitzarem les proves NSUCO, DEM / ADEM i Groffman, per tal d'avaluar els moviments oculars en quatre mostres de diferent edat, escolars de primària, estudiants de la Facultat d'Òptica i Optometria de Terrassa, adults entre 30 i 45 anys i d'individus d'edat igual o major a 60 anys.

Objectiu específic de l'estudi

Més exactament s'estudiarà si hi ha canvis en els resultats que puguin suggerir patrons diferents de normalitat per als diferents grups d'edat.

I es determinarà si existeixen diferències entre els moviments sacàdics i de seguiment per els diferents grups d'edats.

Objectiu específic personal

El principal objectiu personal és adquirir nous coneixements sobre els moviments oculars, saber interpretar els resultats obtinguts i conèixer el món de la investigació en la optometria.

4. METODOLOGIA

En aquest apartat en primer lloc es presentarà breument les consideracions ètiques que s'han tingut en compte per la realització de l'estudi, tot seguit es descriu el disseny de l'estudi, s'explicarà el material utilitzats per la realització de la part experimental del treball, a més a més es descriu la selecció de la mostra i es detalla el protocol de seguit a l'hora de fer les mesures.

4.1 Consideracions ètiques

Abans de començar amb un estudi que requereixi una part experimental en éssers humans, s'han de conèixer els requisits ètics, legals i jurídics. Aquests es troben a la Declaració de Helsinki de l'associació mèdica mundial (AMM) (2008).

Abans de començar les proves ens asseguràvem que el subjecte havia entès tota la informació explicada i tot seguit llegia i firmava el full del consentiment informat (Annex I). En aquest moment procedíem a realitzar la prova.

En tot moment es va respecta el dret dels participants, guardant la seva identitat i confidencialitat d'acord amb la normativa espanyola, la "Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre de Protección de Datos de Carácter Persona" i així com respectant el dret del participant a abandonar l'estudi si ho considerava necessari.

4.2 Disseny de l'estudi

Aquest treball té com a finalitat estudiar l'efecte de la edat en els moviments oculars, concretament, els moviments sacàdics i en els de seguiment utilitzant diferents mètodes clínics clàssics.

- **Nens:** consta de 36 nens de tercer de primària (12 nens i 24 nenes) amb edats de 8 i 9 anys.
Pacients de l'assignatura de Tractament de Dades visuals de la Facultat d'Òptica i Optometria de Terrassa (FOOT)
- **Joves:** consta de 40 joves estudiants universitaris (16 nois i 24 noies) d'edats compreses entre 19 – 25 anys.
Alumnes de l'assignatura de Psicofísica i Neurofisiologia de la Visió de la Facultat d'Òptica i Optometria de Terrassa.
- **Adults:** formada per 32 adults (8 homes i 24 dones) d'edats compreses entre 30 i 45 anys.
- **Grans:** consta de 30 persones (12 homes i 18 dones) majors o iguals a 60 anys.

A cada subjecte de cada una de les mostres, se'ls hi va realitzar un total de tres tests de motilitat ocular, amb un ordre aleatori. Els test son els següents, el Test de Groffman- VTT (Visual Tracing Test) que avalua els moviments de seguiment, el test DEM (Developmental Eye Movement test) o ADEM (Adult Developmental Eye Movement test) que serveixen per avaluar els moviments sacàdics de petita amplitud, depenent de la franja d'edat del subjecte s'utilitza un o l'altre, el DEM per nens fins a 13 anys mentre que després ja s'aconsella utilitzar l'ADEM, i el test NSUCO (Northeastern State University College of Optometry), que valora la habilitat, precisió i la independència dels moviments de cap i/o cos, tant amb els moviments sacàdics com en els de seguiment.

Les mesures tant de la mostra dels nens, com la dels adults i la dels gran han tingut lloc al Centre Universitari de la Visió (CUV) entre els mesos de Març i Abril del 2015, mentre que les mesures de la mostra dels joves s'ha dut a terme a la Facultat d'Òptica i Optometria de Terrassa (UPC) durant el mes de Març. En cada una de les mostres sempre es va mantenir les mateixes condicions d'il·luminació.

4.3 Selecció de la mostra. Criteris d'inclusió i exclusió

Es van establir uns criteris a tenir en compte i diverses condicions d'inclusió que haurien de complir els participants de l'estudi, per això se'ls hi va realitzar una sèrie de preguntes que es van incloure dins la base de dades (nom i cognoms, edat, dades de contacte, presència d'estrabisme, ambliopia, cirurgia ocular...). També es va incloure quina era la refacció habitual i l'agudeses visual monocular el visió propera (vp) mesurada amb un optotip LogMAR. (Annex II).

A continuació es detallen aquests criteris d'inclusió per cada una de les mostres:

Nens: Per poder participar en l'estudi, els nens han sigut seleccionat segons una sèrie de criteris que s'expliquen a continuació:

- Cursar tercer de primària
- Edat compresa entre 8 – 9 anys
- Agudeses visual (AV) monocular \geq a 20/30 amb la seva correcció en VL
- Defecte refractiu compensat $< \pm 6$ diòptries esfèriques (DE)
- No presentar astigmatisme $> a -3,50$ diòptries cilíndriques (DC)
- No presentar ambliopia ni estrabisme
- No presentar cap patologia ocular prèvia
- No presentar dificultats amb la forma escrita del llenguatge (poc coneixement del català o castellà o dislèxia)
- Haver presentat tots els documents necessaris, signats per la persona responsable pare/mare o tutor legal:
 - Consentiment informat
 - Autorització de desplaçament

Universitaris: Per poder participar en l'estudi, els estudiants universitaris han sigut seleccionat segons una sèrie de criteris que s'expliquen a continuació:

- Edat compresa entre 19 – 25 anys
- Agudeses visual (AV) monocular \geq a 20/30 amb la seva correcció en VL
- Defecte refractiu compensat $> \pm 6$ diòptries esfèriques (DE)
- No presentar astigmatisme $> a -3,50$ diòptries cilíndriques (DC)
- No presentar ambliopia ni estrabisme
- No presentar cap patologia ocular prèvia
- No presentar dificultats amb la forma escrita del llenguatge (poc coneixement del català o castellà o dislèxia)
- Haver presentat signat el consentiment informat

Adults: Per poder participar en l'estudi, els adults han sigut seleccionat segons una sèrie de criteris que s'expliquen a continuació:

- Edat compresa entre 30 – 45 anys
- Agudeses visual (AV) monocular \geq a 20/30 amb la seva correcció en VL
- Defecte refractiu compensat $> \pm 6$ diòptries esfèriques (DE)

- No presentar astigmatisme > a -3,50 diòptries cilíndriques (DC)
- No presentar ambliopia ni estrabisme
- No presentar cap patologia ocular prèvia
- No presentar dificultats amb la forma escrita del llenguatge (poc coneixement del català o castellà o dislèxia)
- Haver presentat signat el consentiment informat

Grans: Per poder participar en l'estudi, els subjectes han sigut seleccionat segons una sèrie de criteris que s'expliquen a continuació:

- Edat ≥ 60 anys
- Agudes visual (AV) monocular \geq a 20/30 amb la seva correcció en VL
- Defecte refractiu compensat > ± 6 diòptries esfèriques (DE)
- No presentar astigmatisme > a -3,50 diòptries cilíndriques (DC)
- No presentar ambliopia ni estrabisme
- No presentar cap patologia ocular prèvia
- No presentar dificultats amb la forma escrita del llenguatge (poc coneixement del català o castellà o dislèxia)
- Haver presentat signat el consentiment informat

Tots els subjectes que no complien els requisits del grup al qual pertanyien van ser exclosos de la mostra. D'una mostra total inicial de 151 pacients, se'n van excloure un 8,61% quedant una mostra final de 138 que complien tots els requisits.

Si aprofundim una mica més en la mostra exclosa, podem determinar que un 38,46% d'aquesta van ser exclosos per presentar ambliopia, un 30,77% per presentar una AV monocular inferior a 20/30, un 15,38% per presentar un defecte refractiu més elevat dels criteris d'inclusió, un 7,69% per presentar estrabisme i finalment un 7,69% per presentar dificultats amb la forma escrita del llenguatge (poc coneixement del català o castellà o dislèxia).

Durant la realització de cadascuna de les proves es va controlar, la il·luminació del espai utilitzat, l'atenció dels pacients durant l'explicació del test i la comoditat dels pacients a l'hora de realitzar les proves

4.4 instrumentació

El material necessari per la realització de les proves de motilitat ocular, tant de moviments sacàdics com de seguiment són els següents:

- **Test de Groffman**

- **Test del DEM / ADEM:** depenent de la franja d'edat del subjecte.

- **Faristol:** per poder realitzar els tests DEM / ADEM i el test de Groffman amb una inclinació correcta.

- **Trípode i càmera enregistradora,** per poder enregistrar els moviments sacàdics i de seguiments obtinguts amb la prova del NSUCO.

- **Metrònom i cronòmetre:** per poder marcar el temps de canvi dels moviments sacàdics i per controlar el temps que els pacients tarden a realitzar les proves respectivament.

- **Barnilles de Wolff:** és l'estímul utilitzat per dur a terme la prova del NSUCO, uns pals de metall amb una esfera de petit diàmetre situat a la part superior d'aquests

4.5 Avaluació dels moviments

El propòsit del les proves dels moviments sacàdics i de seguiment és valorar la qualitat i la precisió d'aquets.

4.5.1 Northeast State University College of Optometry (NSUCO):

La prova del NSUCO permet valorar l'habilitat, precisió i la independència dels moviments de cap i/o cos, tant dels moviments sacàdics com dels moviments de seguiment.

Descripció i aplicació del test

El pacient ha d'estar còmodament assegut. La càmera enregistradora es situa en la posició primària de mirada del subjecte.

Per poder enregistrar adequadament tant els moviments sacàdics com de seguiment, es presenta primer els dos estímuls (barnilles de Wolff) un a cada cantó de la càmera, per la realització dels moviments sacàdics, amb l'ajuda del metrònom es controla la freqüència dels moviments sacàdics, s'han de fer un total de 10 canvis de fixació (5 fixacions de mirada cap a la dreta i 5 fixacions de mirada cap a l'esquerra). A continuació es presenta un únic estímul en la part superior de la càmera per iniciar l'exploració dels moviments de seguiment. Es realitzaran dues voltes de 360° cap a la dreta del pacient, amb sentit horari, i dues voltes també de 360° cap a l'esquerra del pacient, sentit anti-horari.

L'amplitud dels moviments sacàdics és de 20 cm i el radi dels moviments de seguiment de 10cm.

La freqüència de canvi de fixació de l'estímul és de 45 canvis per minut.

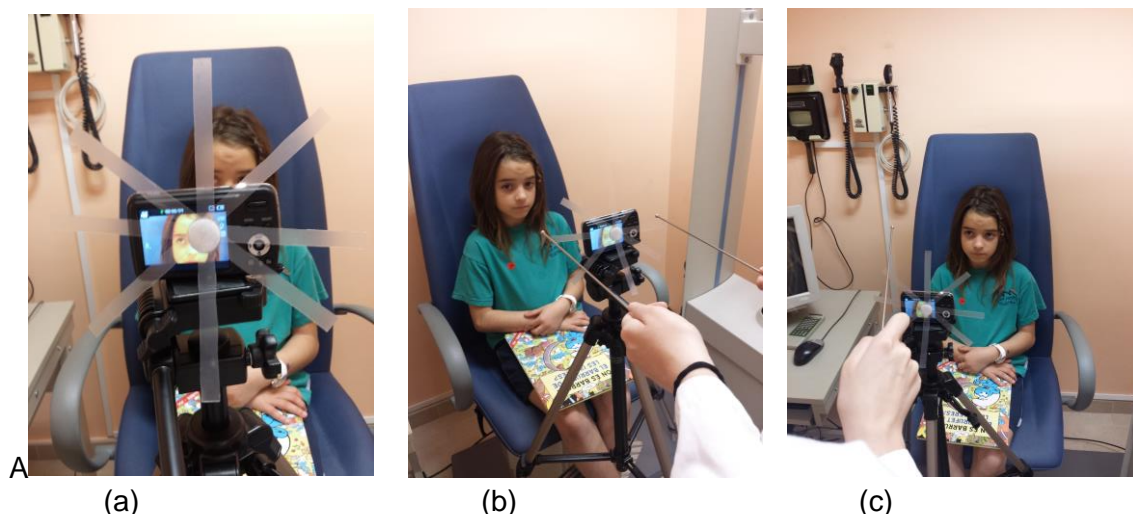


Figura 4.1: Nena realitzant la prova NSUCO. (a) Muntatge utilitzat per poder enregistrar adequadament la prova (b) Avaluació dels moviments sacàdics (c) Avaluació dels moviments de seguiment.



Figura 4.2: Pacient mostra 2 realitzant la prova NSUCO. (a) Muntatge utilitzat per poder enregistrar adequadament la prova (b) Avaluació dels moviments sacàdics (c) Avaluació dels moviments de seguiment.



Figura 4.3 Observadora realitzant prova NSUCO moviments sacàdics.

Requeriments

Abans de començar la prova, se l'hi indica al pacient que es col·loqui assegut davant del muntatge, amb la seva refracció habitual, amb les espatlles rectes i mirant directament a la càmera.

Es realitza la preparació de la prova, és col·loca el trípod amb la càmera a 40 cm del pacient. En aquesta hi ha una “estrella” de plàstic transparent que indica la distància exacta on s’han de col·locar els estímuls (barnilles de Wolff) per examinar adequadament els moviments sacàdics i també per que el radi quant s’avaluaven els moviments de seguiment siguin constant, 20cm. En definitiva ens ajuda en el control de l’amplitud dels estímuls, impedit que aquesta canviï al llarg de les proves.

També és prepara un metrònom que marca el temps de canvi de mirada de l’estímul (amb una freqüència de 45 canvis /minut) i les dos esferes amb un diàmetre petit.

Les proves és realitzen sempre binocularment.

Ordre d'aplicació del test

Un cop preparat el muntatge, s'indica al subjecte que primer es realitzaran els moviments sacàdics, en els quals mitjançant al ritme que marqui el metrònom haurà de canviar la mirada de l'estímul a estímul, és a dir ha d'alternar la fixació entre les barnilles de Wolff. El moviment serà horitzontal, 10 cm cap a cada costat del pacient al mig (20 cm amb total) començant sempre per l'estímul que es presenta al costat esquerre del pacient i s'han de realitzar 5 cicles en total, un cicle és una fixació a la dreta i una a l'esquerra.

Al finalitzar els cinc cicles es realitzaran els moviments de seguiment, en els quals el pacient ha de fixar i seguir visualment la bola d'una de les barnilles situada dins del seu camp visual, que es mourà descrivint cercles, es realitzaran dues voltes amb sentit horari i dues amb sentit anti-horari. En aquests moviments el pacient no ha de fer cas del metrònom, però l'examinador sí, aquest ha de seguir el ritme del metrònom per mantenir una velocitat constant.

Prèviament s'ha deixat practicar al pacient per la realització de la prova.

Registre dels moviments

Al principi de l'enregistrament amb la càmera, abans que el pacient comenci amb la realització dels moviments sacàdics, l'examinador posa en marxa el metrònom i diu en veu alta la ID (identificació del pacient), el nom del pacient, l'hora i el dia en que es realitza la prova.

Tot seguit, indica al pacient que quan vulgui pot començar amb la realització dels moviments sacàdics (5 cicles) i un cop finalitzats aquests, s'inicien els moviments de seguiments (dues voltes amb sentit horari i dues en sentit anti-horari).

Puntuació

La puntuació total de la prova té en compte l'habilitat, exactitud i els moviments de cap i cos tant dels moviments sacàdics com de seguiment.

L'**habilitat** mesura la capacitat del pacient de mantenir la seva atenció per completar els cinc cicles pels sacàdics i les dues voltes en cada sentit pels de seguiment.

L'**exactitud** mesura la capacitat del pacient en fixar de manera precisa i constant sense cap moviment de correcció durant els moviments sacàdics i realitzar els moviments de seguiment sense fer re-fixacions.

Finalment també es valora si el pacient pot realitzar els moviments sacàdics i de seguiment sense moure el seu cap i/o cos (**moviments de cap i cos**). Nosaltres únicament valorarem el moviment de cap, ja que el cos no queda enregistrat en el vídeo i per tant no es pot valorar si existeixen moviments de cos o no.

Depenent de l'execució de la prova, el pacient obté una puntuació per cada un dels moviments oculars valorats (Taula 4.1):

NSUCO: Moviments Sacàdics	
HABILITAT	EXACTITUD
<ul style="list-style-type: none"> - No realitza ni 1 cicle: <u>1</u> - Completa 2 cicles: <u>2</u> - Completa 3 cicles: <u>3</u> - Completa 4 cicles: <u>4</u> - Completa 5 cicles: <u>5</u> 	<ul style="list-style-type: none"> - Grans i sobtades híper o hipofixacions: <u>1</u> - Moderades hipo o hiperfixacions: <u>2</u> - Petites i constats hipo o hiperfixacions: <u>3</u> - Petites i intermitents hipo o hiperfixacions: <u>4</u> - No es detecten hipo o hiperfixacions: <u>5</u>
NSUCO: Moviments de Seguiment	
HABILITAT	EXACTITUD
<ul style="list-style-type: none"> -No realitza ni ½ rotació: <u>1</u> -Completa ½ rotació però no 1: <u>2</u> - Completa 1 rotació però no 2: <u>3</u> - Completa les rotacions en na direcció però no en altres: <u>4</u> -Completa les 2 rotacions en cada direcció : <u>5</u> 	<ul style="list-style-type: none"> - 10 o més re-fixacions: <u>1</u> - Entre 5 i 10 re-fixacions: <u>2</u> - Entre 3 i 5 re-fixacions: <u>3</u> - Dos o menys re-fixacions: <u>4</u> - No es detecten re-fixacions: <u>5</u>
NSUCO: Moviments Sacàdics i de Seguiment	
MOVIMENT DE CAP I COS	
<ul style="list-style-type: none"> - Moviments de cap i/o cos grans i sobtats: <u>1</u> - Moviments de cap i/o cos moderats: <u>2</u> - Moviments de cap i/o cos petits i constants: <u>3</u> - Moviments de cap i/o cos petits i intermitents: <u>4</u> - Sense moviments de cap i/o cos: <u>5</u> 	

Taula 4.1: Valors de puntuació del test NSUCO pels moviments sacàdics i de seguiment.

Cadascuna de les quatre (habilitat, exactitud, moviment de cap i moviment de cos) característiques principals avaluades poden obtenir una puntuació entre 1 i 5.

4.5.2. GROFFMAN – Visual Tracing Test(VTT)

Amb aquesta prova es pot mostra l'habilitat oculo-motora que presenta el pacient a l'hora de seguir un estímul continu, els seus ulls van d'un punt de fixació a un altre punt de fixació final resseguint constantment una trajectòria marcada.

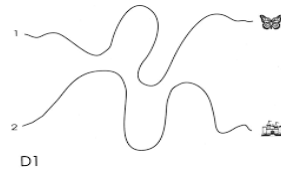


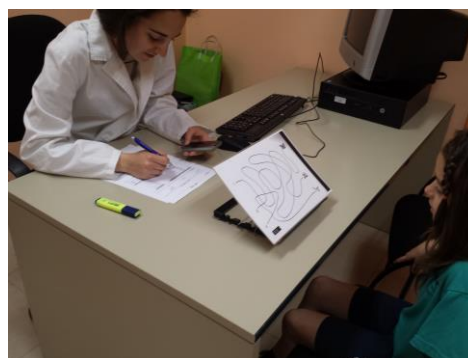
Fig. 4.4 Làmina de demostració (D1)

Descripció i aplicació del test

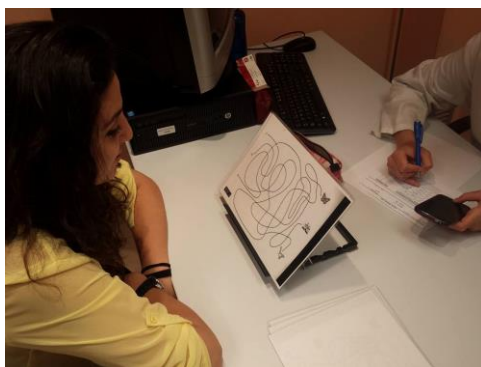
Aquesta prova consta de dues targetes o làmines de demostració (D1 i D2) (Figura 4.4) i cinc targetes per realitzar la prova, que s'han de prestar ordenadament doncs en cadascuna d'elles augmenta la dificultat.

El disseny de les targetes és el següent, en el costat esquerre hi ha números i en el costat dret dibuixos, a cada un dels números li correspon un dibuix, aquests estan units a través d'una línia corbada. Les targetes són línies corbes, on en el costat dret hi ha números i en la part esquerra uns dibuixos.

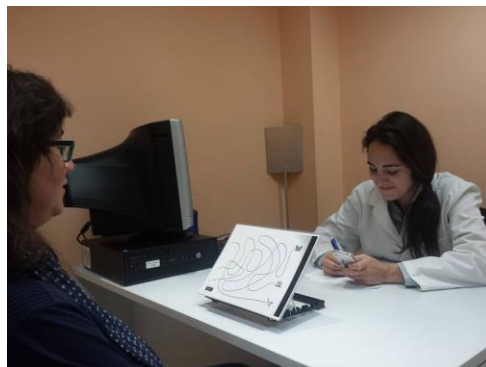
A continuació és mostren una sèrie de fotografies de la realització de la prova i el muntatge amb algunes de les mostres (Figura 4.5):



(a)



(b)



(c)

Figura 4.5 : Realització de la prova Groffman (VTT) en pacients de diferents edats sota la revisió de la supervisora. (a) Nena de la mostra 1 realitzant el test de Groffman. (b) Pacient de la mostra 2 realitzant el test de Groffman. (c) Pacient de la mostra 3 realitzant el test de Groffman.

Requeriments

Aquesta prova el pacient la realitza assegut davant del muntatge, amb la seva refracció habitual. La prova és realitza sempre binocularment.

Es col·loca un faristol a 40cm del pacient, on s'aniran mostrant cada una de les làmines dels tests sempre amb bona il·luminació.

L'examinador té a la seva ma un cronòmetre per calcular el temps que triga el pacient per recorre visualment cada una dels recorreguts de cada una de les làmines i els resultats obtinguts son anotats en el full de resultats i una fulla d'avaluació (ANNEX III).

Ordre d'aplicació del test

Es presenta en primer lloc les dues targetes de demostració, que permet indicar la forma adequada de com s'ha de realitzar el test. A continuació es presenten les cinc targetes, ordenades de més fàcil a més difícil.

Quan es presenten les dues targetes de prova i es donen les instruccions següents: *"sense moure el cap ni el cos, és a dir movent exclusivament els ulls, has de seguir el camí que comença en el del número 1 i indicar quin és el dibuix hi ha al final d'aquest"*.

El pacient ha d'intentar resseguir amb els seus ulls el camí numero u de cada una de les cinc làmines presentades (Figura 4.6). El pacient ha d'intentar de fer la prova sempre el més ràpid possible i sense equivocar-se, ja que el temps obtingut és el que donarà la puntuació de la prova.

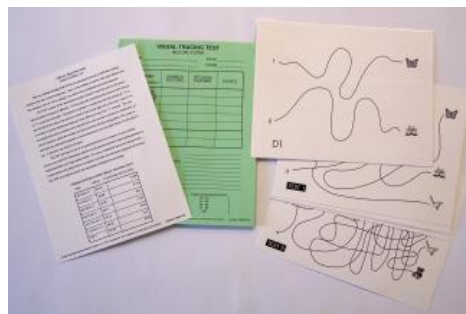


Figura 4.6: Làmines del test Groffman

Anotació

Un cop el pacient comença a recórrer el camí amb la mirada, es comença també a comptabilitzar el temps que triga a donar la resposta. Quan el pacient dona el resultat, es deixa de controlar el temps i aquest s'anota en el full de resultats.

Puntuació

El temps que tarda en completar la prova es anota en el full d'anotació i se l'hi atorga un número de punts per cada resposta correcta dins de 60 segons (Taula 4.2)

La suma de la puntuació obtinguda en les 5 làmines correspon a la puntuació total de la prova.

En el cas que la resposta del pacient sigui errònia, la puntuació per aquella làmina serà de 0 punts, en aquest cas no es té en compte el temps emprat.

T(s)	Puntuació
<10	10
11-15	9
16-20	8
21-25	7
26-30	6
31-35	5
36-40	4
41-45	3
46-50	2
51-60	1
>60	0

Taula 4.2 Relació punts – temps del Groffman

4.5.3 Develompental Eye Movement test / Adult Develompental Eye Movement test (DEM/ ADEM)

Tant el test DEM com el ADEM son tests que s'utilitzen per avaluar les habilitats oculomotores de petita amplitud durant la lectura, el DEM en nens entre 6 i els 13 anys d'edat, i el ADEM en les persones adultes.

Descripció i aplicació del test

És una prova diagnòstica sense demanda cognitiva composta per sub-proves.

El test DEM consta de tres subproves (Fig. 4.7).

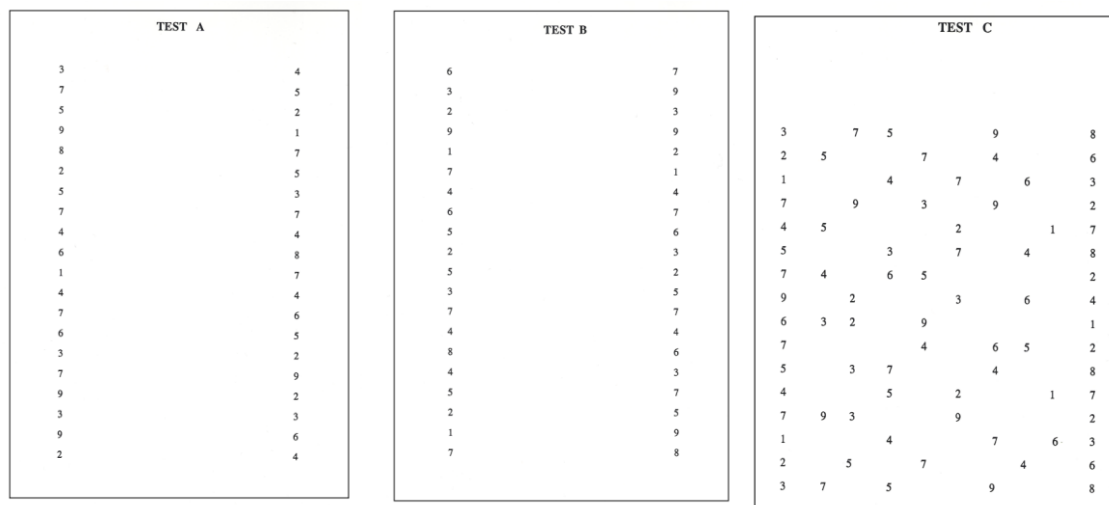


Figura 4.7: Làmines del test A i B del DEM (columnes verticals) i làmina del test C (figures horitzontals)

La primera sub-prova té com a objectiu determinar si el nen coneix els números del 0 al 9, en el cas que falli no es podrà realitzar la prova.

La segona sub-prova està formada per les làmines A i B. Cada una d'elles consta de 40 números col·locats en dos columnes de 20 números cadascuna.

La sub-prova C consta de 80 números col·locats horitzontalment amb separacions no uniformes.

Mentre que els sub-tests verticals determinen l'habilitat per nombrar números, requereixen d'un nivell de control oculomotor que implica la utilització de la memòria a curt termini, atenció i memorització, però els músculs oculars tenen poca intervenció. En el sub-test horitzontal determina l'habilitat dels músculs oculars.

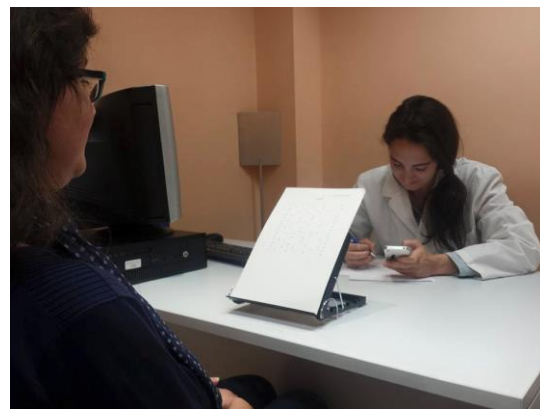
Es compara el temps de les targetes verticals i el de la horitzontal amb els valors normalitzats.



Figura 4.8: Nena realitzant el test DEM, sub-test vertical sota la supervisió de l'examinadora



(a)



(b)

Figura 4.9 : Pacients del grup 2 i 3 realitzant el test ADEM sota la supervisió de l'examinadora. (a) Pacient realitzant la sub-prova vertical. (b) pacient realitzant la sub-prova amb la disposició dels números horitzontals

Requeriments

Aquesta prova el pacient també la realitza assegut davant del muntatge (Figura 4.8 i 4.9) , amb la seva refracció habitual.

El test es col·loca sobre un faristol situat a 40cm del pacient, mantenint sempre una bona il·luminació.

L'examinador controlarà el temps que es triga en nombrar tots els números de cada sub-prova amb un cronòmetre mentre el pacient va nombrant els números l'examinador ha d'anar controlant l'execució de la prova en el cas d'haver errors s'hauran d'anotar al full de registre (ANNEX IV).

Ordre d'aplicació del test

Primer s'explica el pre-test, indicant que: "llegeixi els números de manera clara i en veu alta el més ràpid que pugui i sense moure el cap ni ajudar-se amb el dit".

A continuació s'han d'executar els sub-test A i B, on el pacient ha de llegir verticalment els números, primer la columna de l'esquerra i a continuació la de la dreta, de cada una de les làmines

Finalment, el pacient ha d'indicar els números del test C, els quals els números estan distribuïts de manera horitzontal amb separacions no uniformes, els números s'han de llegir de manera horitzontal, amb files, d'esquerra a dreta com si s'estigués llegit un llibre.

Anotació

Un cop el pacient comença amb la lectura dels números, es posa en marxa el cronòmetre i al finalitzar la lectura de cada sub-test és para i s'anota el temps en la fulla d'anotació (ANNEX IV).

També cal apuntar els errors que s'han pogut cometre durant la prova, les omissions (números que s'han deixat de dir, s'indica amb una línia amb diagonal /) i les addicions (números que és repeteixen, s'indica amb un cercle)

Puntuació

Per calcular la puntuació total de la prova, s'ha de tenir en compte el temps total vertical i el temps total horitzontal que ha emprat el pacient per realitzar la prova

El temps vertical és la suma dels dos sub-tests verticals, el A i el B. I el temps horitzontal és el temps obtingut en el sub-test C.

La mesura directa dels temps emprats en la lectura dels números cal ajustar-la considerant les omissions i addicions, tant pel temps vertical com pel temps horitzontal, segons la fórmula següent:

$$\text{Temps real} = \text{temps brut} \cdot (80 / (80 - \text{omissions} + \text{addicions}))$$

Amb els temps reals es calcula el valor del rati (R), que es determina al dividir el temps horitzontal entre el temps vertical.

$$R = Th / Tv$$

El test va acompanyat d'unes taules normalitzades on, en funció de l'edat indiquen si els valors obtinguts són normals, alts o baixos. Els resultats obtinguts (Tv, Th i R) permeten interpretar els resultats de la prova, classificant els subjectes en quatre tipologies clíniques (Taula 4.3):

Tipologia	Tv	Th	R=Th/Tv	Interpretació
I	Normal	Normal	Normal	Bones habilitats oculomotores
II	Normal	↑	↑	Dificultat en les habilitats oculomotores fines.
III	↑	↑	Normal	Presenta dificultat en l'habilitat de nombrar els números, però no afecta a la motilitat ocular.
IV	↑	↑	↑	Presenta dificultat en l'habilitat de nombrar els números i també dificultat en les habilitats oculomotores fines

Taula 4.3: Classificació de les tipologies clíniques segons el resultat del DEM / ADEM

Diferencia A-DEM i DEM

El test DEM està estandarditzat per l'avaluació dels moviments sacàdics en nens 6-13 anys i la seva versió per adults és el A-DEM, per entre més grans de 14 anys.

En el test A-DEM els números tots són de dues xifres mentre que en el DEM son d'una única xifra.

5. RESULTATS I DISCUSSIÓ

En aquest apartat es presenta els resultats obtinguts de l'estudi seguint la metodologia que s'ha descrit en l'apartat anterior i la seva interpretació.

En primer lloc es detalla com s'han tractat les dades, en segon lloc es fa un anàlisi descriptiu de la mostra i finalment es procedeix a l'anàlisi estadístic dels resultats.

5.1 Tractament de dades

Amb els resultats obtinguts de cada una de les diferents proves es va dissenyar la base de dades amb les següents característiques:

CARACTERÍSTIQUES PACIENTS	NSUCO SACÀDICS	NSUCO SEGUIMENTS	GROFFMAN	DEM/ADEM
Número identificador (ID)	Puntuació obtinguda respecte el	Puntuació obtinguda respecte el	Puntuació de cadascuna de les 5 làmines	Temps horitzontal (Th)
Edat	moviment de cap, habilitat i precisió dels moviments.	moviment de cap, habilitat i precisió dels moviments.	Puntuació total de la prova	Temps vertical (Tv)
Sexe				Rati (R)
Observacions	Puntuació total de la prova	Puntuació total de la prova		Número d'errors
Grup de la mostra a la que pertany				Tipologia

Taula 5.1: Descripció de la base de dades

Per realitzar l'anàlisi estadístic dels resultats d'aquest treball, s'ha utilitzat el programa estadístic SPSS (Statistical Product and Service Solutions), versió 21.

Primer de tot mitjançant el anàlisi estadístic del test de Kormogorov – Smirnov comprovem que les dades obtingudes no presenten una distribució normal en totes les variables estudiades, doncs s'obtenen diferències significatives respecte la campana de Gauss que representa una distribució normal ($p < 0.05$).

Això era d'esperar ja que freqüentment a mesura que augmenta el número de casos l'ajust a la normalitat és més difícil (Altman, 1991).

Tot i això, alguns autor comenten (Alvarado i Batanero, 2008; Juárez, 2002), que com a conseqüència del teorema central del límit, es pot aplicar la estadística paramètrica quan la variable és el resultat de la suma de n variables i també en casos de mostres superiors a 30 o 40 casos es pot aplicar la estadística paramètrica. La nostra mostra supera aquests valors, per tant apliquem la estadística paramètrica i realitzar inferència poblacional.

No obstant, també hem aplicat la estadística no paramètrica utilitzant la Z de Mann-Whitney, a més a més de la t de Student i incidirem quan els resultats siguin diferents.

L'anàlisi del tractament de les dades que es durà a terme es el següent:

- Estudi descriptiu de cadascuna del subjectes de cadascuna de les mostres estudiades i de les variables recollides. S'obté la mitjana dels resultats, la desviació estàndard i els valors màxims i mínims de cada mostra

- Estudi de les diferències per a dues mostres utilitzant la t de Student, que ens permet calcular els intervals de confiança que involucren a les mitges de les diferències trobades.

- Estudi de les diferències pels casos en que es vol comparar més de 2 mostres, mitjançant la anàlisi de la variància (ANOVA), que permet comparar diferents grups en una variable quantitativa. En el cas de trobar alguna diferència significativa s'aplica el post-hoc d Bonferroni.

- Estudi de la relació de les dades de cadascuna de les mostres, és a dir el grau de semblança o d'associació que existeix entre elles, mitjançant correlacions.

- Estudi no paramètric mitjançant la prova de Mann-Whitney, és la versió no paramètrica de la t de Student.

5.2 Descripció de la mostra

Les mesures es van realitzar a un total de 138 subjectes per totes les proves. Aquests subjectes estaven dividits segons el grup d'edat al que pertanyien:

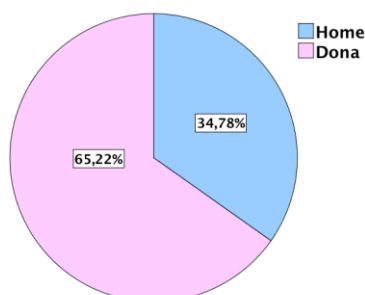
- Nens: consta de 36 nens de 8 i 9 anys
- Joves: consta de 40 joves estudiants universitaris de 19 a 25 anys
- Adults: consta de 32 adults de 30 a 45 anys
- Grans: consta 30 persones majors o iguals a 60 anys

En la següent taula (Taula 5.2), es pot veure la mitja de l'edat de la mostra total i de cadascuna de les mostres. Per això s'utilitzen els valors de mitja aritmètica, desviació estàndard, màxims i mínims.

	Promig edat	Sd	Màx.	Mínim
NENS	8,39	± 0,494	9	8
JOVES	21,20	±1,344	25	19
ADULTS	38,56	±4,303	45	30
GRANS	73,17	±8,554	88	60
Mostra TOTAL	33,18	±24,095	88	8

Taula 5.2: Descriptiu del l'edat de la mostra

El total de subjectes participants en l'estudi inclou 90 dones (65,22%) i 48 homes (34,78%), representats en el següent diagrama (Gràfica 5.1) de sectors. Aquest mostra un gran percentatge de dones que han participat en l'estudi, per això prèviament a realitzar el anàlisi de cada prova comprovarem si hi han diferències significatives entre el sexe en els resultats.



Gràfica 5.1: Descriptiu del sexe de la mostra total

5.3 Anàlisis dels resultats dels tests

Es realitza una anàlisis estadístic per cadascuna de les tres proves, NSUCO, Groffman i DEM / ADEM, aprofundint en els resultats particulars de cadascuna de les mostres i comparant les unes amb les altres, per poder així estudiar com evolucionen els moviments sacàdics i de seguiment amb l'edat.

5.2.1 NSUCO

Prèviament a començar amb el anàlisis dels resultats del NSUCO, comprovarem si existeix alguna diferència respecte el sexe i la puntuació total de la prova, tant pels moviments sacàdics com de seguiment, per la mostra total. El valor de p , significació, que obtenim és més gran a 0.05 i per tant les diferències entre els sexes no son significatives i procedim a analitzar el resultat de la prova sense tenir en compte el sexe.

Anàlisi descriptiu

Primer de tot, començarem amb els valor obtinguts en la prova del NSUCO en moviments sacàdics i en moviments de seguiment, tant per la mostra total com per cadascuna dels quatre grups: nens, joves, adults i grans.

La puntuació total del NSUCO és la suma de tres paràmetres, moviment de cap durant la realització de la prova, habilitat i precisió dels moviments. Ja que aquestes no segueixen una distribució normal ens centrarem amb la puntuació total de la prova i únicament en farem un petit esment al final.

A la Taula 5.3 hi han representats els resultats de la mitja, la desviació estàndard (sd) (que representa com de dispersos estan les dades respecte a la mitja), els percentils tant dels moviments sacàdics com dels de seguiment per cadascuna de les mostres i per la mostra total i la diferència entre aquets dos moviments.

	Resultats Moviments sacàdics					Resultats Moviments de seguiment					Diferència moviments sacàdics i de seguiment		
	Mitja	Sd	Percentils			Mitja	Sd	Percentils			Mitja de la diferència	Desviació típica	p
			P25	P50	P75			P25	P50	P75			
Nens	12,9	±2,10	12	13	14	11,9	±2,27	11	12	13	1,0	2,81	0,03
Joves	14,2	±0,89	13	14	15	13,2	±1,13	13	13	14	0,9	1,27	<0,01
Adults	13,8	±1,17	13	14	15	12,2	±1,62	11	13	13	1,6	1,79	<0,01
Grans	12,3	±1,56	12	12	13	11,1	±1,66	10	11	12	1,2	1,43	<0,01
Mostra total	13,3	±1,66	13	14	15	12,2	±1,91	11	12	14	1,2	1,92	<0,01

Taula 5.3 : Mitja, desviació estàndard i percentils dels moviments sacàdics i de seguiment, i la diferència entre aquets dos.

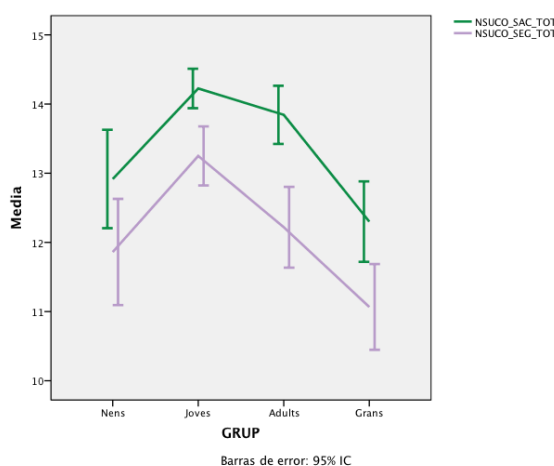
Podem observar que la mostra que obté sempre una puntuació més alta és la mostra dels joves, seguida dels adults, dels nens i finalment dels grans, aquests darrers obtenen la puntuació més baixa respecte les altres mostres, tant en els moviments sacàdics com de seguiment.

Si comparem aquets resultats obtinguts amb el mínims acceptables determinats pels dissenyadors del test observem que en els nens el mínim és de 11 punts, tant en

moviments sacàdics com de seguiment, per tant la nostra puntuació per aquest grup d'edat entra dins del rang de normalitat, ja que obtenim un valor de 13 per sacàdics i 12 per seguiment. Respecte els altres grups d'edat, joves, adults i grans, el mínim acceptable segons els dissenyadors del test és de 12 per moviments sacàdics i 13 per els de seguiment. Per aquests grups obtenim uns valors no esperats, esperàvem obtenir més puntuació en els moviments de seguiment que en els sacàdics tal i com indicaven els valors de normalitat del test, i no al revés com hem trobat.

Respecte la comparació de resultats de la puntuació total del NSUCO entre els moviments sacàdics i els de seguiments, per cadascuna de les mostres i de la mostra total, observem que la diferència de la mitja dels moviments sacàdics i de seguiments sempre té un valor positiu per cadascuna de les mostres. Això es deu, a que la puntuació total dels moviments sacàdics ha sigut major que la dels de seguiment. El valor de p , sempre és menor de 0.05, això ens indica que hi ha diferències significatives entre la puntuació d'aquests dos moviments.

Aquesta diferència de puntuació també la podem observar en la Gràfica 5.2.



Gràfica 5.2 : Descriptiu de les mitjanes i desviació estàndard dels moviments sacàdics i de seguiment de cada mostra.

En la gràfica anterior es pot observar la mitja de la puntuació total obtinguda tant dels moviments sacàdics, representat amb color verd, com pels de seguiment, representat per color lila, per cada grup d'edat. I també es representen les barres d'error que mostren la desviació estàndard de cada un dels grups.

Anàlisi entre els grups d'edats

Tot seguit mitjançant el anàlisi de l'ANOVA realitzem una comparació entre els resultats de la puntuació total obtinguda entre els grups de la mostra, tant pels moviments sacàdics com pels de seguiment, ja que observem que existeixen diferències entre aquests dos moviments, el valor de la significació (p) és inferior a 0.05, realitzem el anàlisi del *POST-HOC*, que ens permet saber entre quins grups hi ha aquestes diferències (Taula 5.4)

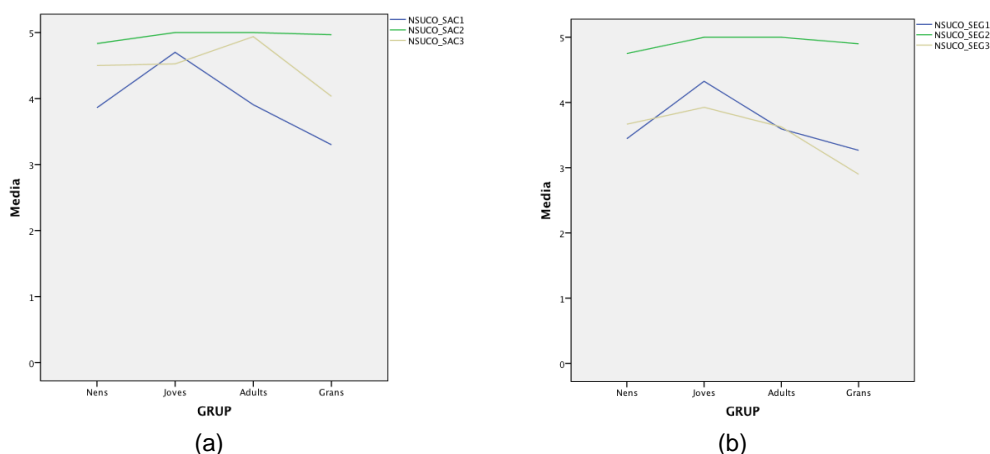
Comparació de la mostra	Amb la mostra	Comparació puntuació total NSUCO de Sacàdics entre les diferents mostres		Comparació puntuació total NSUCO de Seguiment entre les diferents mostres	
		Diferència de la mitja	p (significació estadística)	Diferència de la mitja	p (significació estadística)
NENS	JOVES	- 1,308	<0,01	-1,389	0.04
	ADULTS	-0,927	0.07	-0,358	1
	GRANS	0,617	0,581	0,794	0.413
JOVES	ADULTS	0,381	1,00	1,031	0,086
	GRANS	1,925	<0,01	2,183	<0,01
ADULTS	GRANS	1,544	<0,01	1,152	0,064

Taula 5.4 : Descriptiu de la diferència entre mostres

En aquesta taula hi trobem la diferència de la mitja entre els grups, aquesta és o bé negativa o bé positiva, depenent de quina de les mostres té la puntuació total més gran i la p, que indica quan la diferència de les mitges es significativa, aquesta serà significativa quan tingui un valor de < 0.05 (marcades amb color vermell).

Puntuació parcial dels moviments sacàdics i de seguiment

Per finalitzar amb el anàlisis paramètric de la prova del NSUCO, farem un petit èmfasi en els tres paràmetres d'aquesta prova, moviment de cap, habilitat i precisió dels moviments (Gràfica 5.3), tant pels moviments sacàdics com per seguiment.



Gràfica 5.3: (a) Descriptiu del tres paràmetres dels moviments sacàdics
(b) Descriptiu del tres paràmetres dels moviments de seguiment

El color blau representa els moviments de cap, el color verd l'habilitat dels moviments i el groc la precisió dels moviments.

Tant en els moviments sacàdics com amb el de seguiment els paràmetres que es veuen més afectats amb l'edat són el moviment de cap i la precisió. Obtenint així una puntuació més baixa en la mostra dels grans que en la dels joves, respecte aquests paràmetres, l'habilitat de la realització d'aquests moviments és màxima en tots els grups d'edat.

Anàlisis no paramètric

Realitzem també un anàlisis de comparació no paramètric mitjançant la prova *Z de Mann-Whitney*. El resultat que obtenim per tots els grups de la mostra i tant per moviments sacàdics com per moviments de seguiment és un valor de p, significació asimptòtica bilateral, inferior a 0.05.

Per tant el anàlisis no paramètric coincideix amb el paramètric: Existeixen diferències significatives entre els grups de la mostra i aquestes no es deuen a l'atzar.

Resumint els resultats del NSUCO trobem que:

- No existeixen diferències significatives en la valoració dels moviments sacàdics i de seguiment entre homes i dones.
- En tots els grups d'edat la valoració dels moviments sacàdics és superior a la de seguiment de forma estadística per tots els casos. Al comparar els resultats amb els mínims esperats dels dissenyadors dels test és contradiuen, ja que aquets darrers refereixen una puntuació més alta amb moviments seguiments que sacàdics. Donat que la diferència supera un punt en casi tots els casos creiem que té importància clínica.
- Els dos grups que obtenen una puntuació més alta pels moviments sacàdics i de seguiment són els joves i els adults, i entre ells no presenten diferències.
- Els dos grups que obtenen una puntuació més baixa pels moviments sacàdics i de seguiment són els nens i els grans, i entre ells no presenten diferències.
- Respecte les puntuacions parcials de sacàdics i de seguiment, moviment de cap, habilitat i precisió, veiem que les puntuacions mes altes continuen sent dels universitaris i adults.

5.3.2 Groffman (VTT)

De la mateixa manera que ho hem fet amb el NSUCO comprovem si hi ha alguna diferència respecte el sexe i la puntuació total de la prova que valora els seguiments, Groffman. El valor de p obtingut és més gran a 0.05 i per tant les diferències entre els sexes no són significatives i procedim a analitzar el resultat de la prova sense tenir en compte el sexe.

Anàlisi descriptiu

La puntuació total del Groffman és la suma de les cinc làmines que consta el test. Ens centrem amb la puntuació total del test i únicament farem un petit comentari al final respecte cadascuna de les làmines.

En primer lloc es mostra a la Taula 5.5, la mitja, la desviació estàndard (sd) i els percentils de la puntuació total del test per cadascuna de les mostres i per la mostra total.

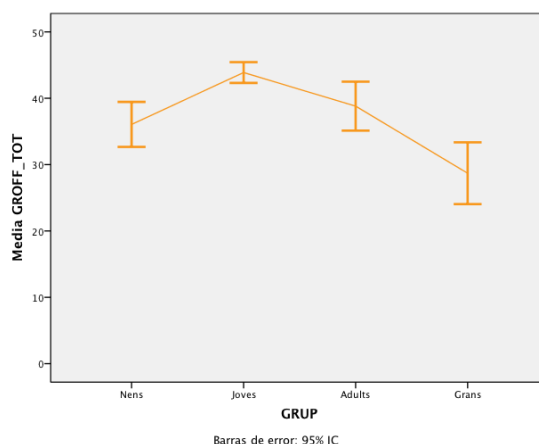
	Resultats Groffman				
	Mitja	Sd	Percentils		
			P25	P50	P75
Nens	36,1	10,03	27,50	37,00	45,00
Joves	43,9	4,49	39,25	45,50	48,00
Adults	38,8	10,23	28,25	44,00	47,00
Grans	28,7	12,46	19,00	28,50	37,00
Mostra total	37,4	10,90	29,00	39,50	47,00

Taula 5.5: Mitja, desviació estàndard i percentils de la puntuació total del test Groffman per les diferents mostres

Podem observar que la mostra que obté una puntuació més alta és la dels joves, seguits de molt a prop dels adults, dels nens i finalment dels grans que obtenen la puntuació més baixa.

Els resultats obtinguts dels grups dels nens, joves i adults estan dins dels paràmetres considerats normals segons l'edat pels dissenyadors del test, en canvi els grans no, la seva puntuació és molt més baixa a la esperada.

Aquesta diferència també la podem observar en la Gràfica 5.4



Gràfica 5.4: Descriptiu de les mitjanes i desviació estàndard de la puntuació total de cada mostra.

En aquesta es pot observar la mitja de puntuació total obtinguda per la puntuació total dels sacàdics i la desviació estàndard de cada un dels grups.

Anàlisi entre els grups d'edats

Tot seguit mitjançant el anàlisi de l'ANOVA realitzem una comparació entre els resultats de la puntuació total obtinguda entre els grups de la mostra, ja que observem que existeixen diferències entre aquests i els diferents grups de la mostra, el valor de la significació (p) és inferior a 0.05, realitzem el anàlisi del POST-HOC, que ens permet saber entre quins grups hi ha aquestes diferències (Taula 5.6).

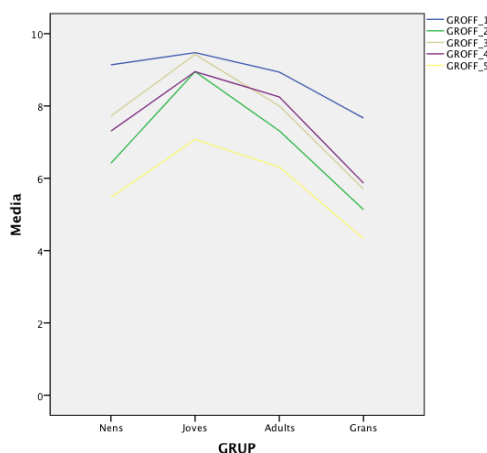
		Comparació puntuació total del GROFFMAN entre les diferents mostres	
Comparació de la mostra	Amb la mostra	Diferència de la mitja	p (significació estadística)
NENS	JOVES	-7,819	<0,01
	ADULTS	-2,757	1,00
	GRANS	7,356	<0,01
JOVES	ADULTS	5,063	0.162
	GRANS	15,175	<0,01
ADULTS	GRANS	10,113	<0,01

Taula 5.6 : Descriptiu de la diferència entre mostres

En aquesta taula hi trobem la diferència de la mitja entre els grups, aquesta és o bé negativa o bé positiva, depenent de quina de les mostres té la puntuació total més gran i la p, que indica quan la diferència de les mitges es significativa, aquesta serà significativa quan tingui un valor de < 0.05 (marcades amb color vermell).

Puntuació parcial del test

El gràfic que es mostra a continuació (Gràfica 5.5) mostra els resultats obtinguts per cadascuna de les cinc làmines d'aquesta prova en cada grup.



Gràfica 5.5: Mitja de les cinc làmines del test Groffman per les diferents mostres
El color blau representa la làmina 1, el color verd representa la làmina 2, el color marró clar la làmina 3, el lila la làmina 4 i finalment el groc la 5.

El disseny del test preveu que la dificultat de la làmina creixi de 1 a 5, de manera continua, i en aquesta gràfica veiem que això no es compleix.

La làmina que obté sempre més puntuació per cada grup de la mostra és la primera làmina, és la que té un recorregut més senzill, i la que obté una puntuació més baixa és la última làmina, la que té el recorregut més complicat, però les làmines 2, 3 i 4 no obtenen la puntuació esperada si ho relacionem amb el nivell de dificultat de cadascuna d'elles.

Els universitaris obtenen la puntuació més elevada i per tant més bona, per cadascuna de les làmines respecte els altres grups. I els grans són els que la obtenen més baixa.

Anàlisis no paramètric

Realitzem també un anàlisis de comparació no paramètric mitjançant la prova *Z de Mann-Whitney*. El resultat que obtenim per tots els grups de la mostra és un valor de p , significació asimptòtica bilateral, inferior a 0.05.

Per tant el anàlisis no paramètric coincideix amb el paramètric: Existeixen diferències significatives entre els resultats de la mostra total i aquestes no es deuen a l'atzar.

Resumint els resultats del Groffman trobem que:

- No existeixen diferències significatives els resultats obtinguts entre homes i dones.
- Els joves presenten una puntuació més alta i els grans més baixa. S'observa molt poca diferència entre els nens i els adults.
- Es necessària una normalització d'aquesta prova per la gent més gran de 60 anys, ja que la puntuació obtinguda és molt més baixa a l'esperada segons els paràmetres de normalitat del test.
- El test preveia una dificultat creixent de la làmina 1 a la 5, però amb la nostra mostra no ha estat així. Tots el grups han realitzat la làmina 1 amb més facilitat i la 5 amb més dificultats, però les altres tres làmines, 2,3 i 4, no segueixen la puntuació esperada.

5.3.3 DEM/ADEM

Anàlisi segons el sexe

Tal i com hem fet amb les altres dos proves, comparem si hi ha alguna diferència respecte el sexe i el temps horitzontal, el temps vertical i el rati per la mostra total. Un cop més, el valor de p és més gran a 0.05 i per tant les diferències entre els sexes no son significatives i procedim a analitzar el resultat de la prova sense tenir en compte el sexe.

Anàlisi descriptiu

Primer de tot, començarem amb els valor obtinguts en la prova del DEM / ADEM per la mostra total com per cadascuna dels quatre grups: nens, joves, adults i grans.

En primer lloc es mostra a la Taula 5.7 la mitja, la desviació estàndard (sd) (que representa com de dispersos estan les dades respecte a la mitja) i els percentils del temps horitzontal, temps vertical i rati per cadascuna de les mostres i per la mostra total.

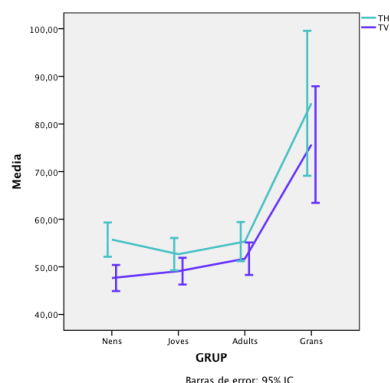
	Temps horitzontal		Temps vertical		Diferència Th i TV			Rati	
	Mitja	Sd	Mitja	Sd	Deferència de la mitja	Sd	P	Mitja	sd
Nens	55,72	±10,63	47,655	±8,10	8,065	8,603	<0,01	1,18	±0,196
Joves	52,65	±10,63	49,09	±8,78	3,566	4,53	<0,01	1,06	±0,954
Adults	55,30	±11,39	51,71	±9,464	3,592	4,86	<0,01	1,06	±0,094
Grans	84,34	±40,75	75,68	±32,78	8,66	14,20	0,02	1,11	±0,152

Taula 5.7 Mitja, desviació estàndard del temps horitzontal, vertical i rati. I diferència entre el temps horitzontal i següent per cada grup de la mostra .

Encara que el test DEM i el ADEM siguin tests diferents i no es puguin comparar del tot, els unim amb aquesta taula.

Podem observar que la mostra dels grans és la que té un temps de realització del test vertical i horitzontal més elevat, i per tant uns resultats més dolents. Mentre que el grup dels joves és el que té el temps horitzontal més baix i la dels nens el temps vertical. També podem observar que el temps horitzontal és més elevat que el vertical en totes les mostres.

En aquesta taula també es pot observar que la diferencia de la mitja del temps horitzontal amb el temps vertical té un valor positiu, això es deu, tal i com ja s'ha comentat anteriorment, a que el temps horitzontal és major que el temps vertical. També s'observa que el valor de la p , significació estadística sempre és menor de 0.05, això ens indica que hi ha diferències significatives entre el temps d'aquels dos moviments. Aquesta diferència de puntuació també la podem observar en la Gràfica 5.6.



Gràfica 5.6: Descriptiu de les mitjanes i desviació estàndard del temps horitzontal i del temps vertical de cada mostra

En la gràfica anterior es pot observar la mitja del temps horitzontal, blau clar, i la del temps vertical, blau fort, per cada grup d'edat. També es representen els barres d'error que reflecteixen la desviació estàndard de cada un dels grups. Un cop més unifiquem els resultats del test DEM i ADEM tot i que no siguin comparables.

Els resultats obtinguts amb les quatre mostres entren dins dels paràmetres de normalitat del test, tant pel temps vertical, horitzontal i rati, exceptuant el temps horitzontals pels grans que és més gran.

Anàlisi entre els grups d'edats

Tot seguit mitjançant el anàlisi de l'ANOVA realitzem una comparació entre els resultats del temps de realització de la prova entre els grups de la mostra, tant pel temps horitzontal com pel temps vertical, ja que observem que existeixen diferències entre aquests dos moviments, el valor de la significació (p) és inferior a 0.05, realitzem el anàlisi del *POST-HOC*, que ens permet saber entre quins grups hi ha aquestes diferències (Taula 5.8)

Comparació de la mostra	Amb la mostra	Comparació del temps horitzontal entre les diferents mostres		Comparació del temps vertical entre les diferents mostres	
		Diferència de la mitja	p (significació estadística)	Diferència de la mitja	p (significació estadística)
NENS	UNIVER.	3,06	1	-1,42	1
	ADULTS	0,42	1	-2,62	1
	GRANS	-28,62	<0,01	-26,58	<0,01
UNIVERSITARIS	ADULTS	-2,64	1,00	-2,62	1
	GRANS	-31,68	<0,01	-26,58	<0,01
ADULTS	GRANS	-29,03	<0,01	-23,58	<0,01

Taula 5.8: Descriptiu de la diferència entre mostres

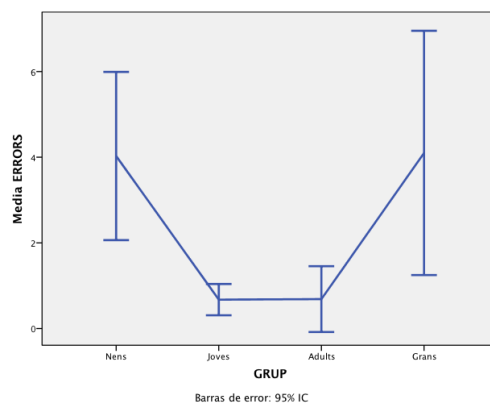
En aquesta taula incorporem els resultats del test DEM amb els del ADEM.

La diferència de la mitja entre els grups, aquesta és o bé negativa o bé positiva, depenent de quina de les mostres té la puntuació total més gran i la p, que indica quan la diferència de les mitges es significativa, aquesta serà significativa quan tingui un valor de < 0.05 (marcades amb color vermell).

El grup d'edat que realitza el test, tant el horitzontal com el vertical, amb un temps molt major a la resta i de forma significativa es el dels grans.

Anàlisi dels errors realitzats

Els errors obtinguts amb la prova, són la suma de les omissions i repeticions de números, tant en el dos tests vertical com en el horitzontal.



Gràfica 5.7: Descriptiu de les mitjanes i desviació estàndard dels errors de cada mostra

Tal i com s'observa hi ha una gran diferència entre els nens i els grans amb els universitaris i adults, aquets últims no realitzen pràcticament errors, mentre que els nens i els grans tenen una mitja molt elevada.

Anàlisi no paramètric

Realitzem també un anàlisi de comparació no paramètric mitjançant la prova *Z de Mann-Whitney*. El resultat que obtenim per tots els grups de la mostra és un valor de *p*, significació asimptòtica bilateral, inferior a 0.05.

Per tant el anàlisi no paramètric coincideix amb el paramètric: Existeixen diferències significatives entre els resultats de la mostra total i aquestes no es deuen a l'atzar

Anàlisi de les tipologies

Per finalitzar amb el anàlisi paramètric del test del DEM / ADEM, farem un petit èmfasis amb les tipologies i els errors comesos durant aquesta prova.

Depenent del temps horitzontal, el vertical i l'horitzontal podem obtenir quatre tipologies:

- I: bones habilitats oculomotores
- II: dificultat en les habilitats oculomotores fines
- III: dificultat en l'habilitat de nombrar els números, però no afecta a la motilitat ocular
- IV: dificultat en l'habilitat de nombrar els números i també dificultat en les habilitats oculomotores fines.

En la taula que es mostra a continuació, Taula 5.9, podem observar el tant per cent de cadascuna de les tipologies per cadascuna de les mostres i per la mostra total.

	% TIPOLOGIA			
	I	II	III	IV
NENS	83,33%	8,33%	5,56%	2,78%
JOVES	82,50%	2,50%	15,00%	0%
ADULTS	71,88%	9,38%	15,63%	3,13%
GRANS	73,33%	13,33%	13,33%	0%

Taula 5.9: Descriptiu de les tipologies de cada mostra

La tipologia més comuna és la tipologia I, en totes les mostres més d'un 70% dels subjectes la presentaven.

La menys freqüent és la tipologia IV, únicament la presentaven subjectes de la mostra dels nens i els adults amb un valor inferior al 5%

Resumint els resultats del DEM / ADEM trobem que:

- No existeixen diferències significatives els resultats obtinguts entre homes i dones.
- El temps horitzontal sempre és major que el vertical per totes les mostres.
- Els grans presenten un temps horitzontal més gran que els valors esperats segons els dissenyadors del test.
- Els grans presenten diferències significatives, tant en el temps horitzontal com amb el temps vertical, amb les altres mostres.
- Els grans i els nens cometen més errors que els joves i adults.
- La tipologia més freqüent és I, bones habilitats oculomotores, per tots els grups de la mostra.

5.3.4 Comparació dels resultats obtinguts amb altres estudis

Pocs investigadors són els que han indagat sobre l'evolució d'aquests moviments, la gran majoria d'aquets dona molta importància a les dades recollides amb l'eye tracker, com per exemple la latència, la velocitat... Però totes aquestes variables no donen informació clínica, ja que no es poden valorar clínicament. Per aquest motiu tenim poca bibliografia a contrarestar.

Moviments sacàdics

Hem trobat diferència entre els errors realitzats pels nens i els grans, diferents grups d'edat. Els nens i el grans comenten un major nombre d'errors en els sacàdics de petita amplitud, mesurats amb el test DEM/ADEM, en comparació amb els joves i adults, que pràcticament no en cometen.

Aquests resultats es relacionen amb la investigació de Fukushima (2000) la qual considera que la taxa d'errors dels sacàdics, quan són avaluats amb el test DEM (entre 6 i 14 anys), disminueix amb l'edat. Coincidim en que entre els nens i els joves i/o adults si que és veu una disminució amb els errors, però a partir d'aquest últim grup la taxa d'errors augmenta.

Moviments de seguiment

Carlo A. Pavalloti (2008) va determinar que a mesura que l'edat augmenta les dificultats per realitzar els moviments de seguiment també augmenten, per tant els pacients grans tenen més dificultat a realitzar les proves que valoren aquests moviments de seguiment que els joves.

En aquest estudi, es pot veure aquesta una tendència a disminuir la puntuació dels dos tests que avaluen aquests moviments (NSUCO i Groffman), en funció de l'edat on la puntuació dels grans és molt inferior a la puntuació dels universitaris.

Si ens centrem amb els resultats obtinguts sobre la precisió obtenim uns resultats similars als que va obtenir Accardo (1995), on la exactitud dels moviments de seguiment és més inexacta en els escolars que en els joves. I possiblement per aquest fet el moviment de cap és major en nens que en joves.

També amb aquestes dues característiques dels moviments de seguiment, precisió i moviment de cap, observem empitjoren amb l'edat, és a dir obtenen la seva màxima puntuació en l'edat universitària i disminueix amb l'edat arribant a la gent gran on tant la precisió com el moviment de cap tenen resultats inferiors que amb la infantesa.

6. CONCLUSIONS

En aquest apartat es sintetitzen les conclusions principals a les que hem arribat un cop analitzats els resultats obtinguts en el treball experimental i de relacionar-los amb treballs semblants.

- No existeixen diferències significatives entre sexes quan es valora els moviments sacàdics i de seguiment.
- La puntuació total dels moviments sacàdics és més alta que la dels de seguiment en totes les mostres quan es valoren amb el test **NSUCO**. Aquests resultats és contradiuen amb els resultats de normalitat proposats pels dissenyadors del test.

En aquesta prova no hi ha diferències significatives en els moviments sacàdics i de seguiment entre els grans i els nens, ni entre els joves i els adults, aquestes últims obtenen una puntuació més alta, i per tant més bona que els primers. Això ens permet dir que aquests moviments oculars presenten encara un desenvolupament en l'edat escolar i arriba a la seva millor execució a l'edat adulta. A més en les persones grans es veu un deteriorament d'aquestes habilitats.

Respecte l'exactitud dels moviments sacàdics i de seguiment aquesta és més inexacta en escolars i en grans que en joves i adults, possiblement per aquest fet el moviment de cap és més gran en nens i grans que en joves. En canvi la habilitat de la realització d'aquests moviments és màxima en tots els grups d'edat i pràcticament no canvia amb l'edat.

- En el test de **Groffman (VTT)** trobem que el grup que obté la millor puntuació és la dels joves, seguida per les mostres dels adults i nens. El grup dels grans és la que presenta una puntuació més baixa i amb diferències clínica i estadísticament significatives respecte els altres grups.

Això també ens fa pensar que és necessària una normalització del test de Groffman per la gent més gran de 60 anys, ja que la puntuació obtinguda s'allunya molt de l'esperada segons els valors de normalitat del test.

També considerem que aquest test requereix una actualització del seu disseny, ja que aquest test preveu que la dificultat de la làmina creixi de la 1 a la 5, però això no és així.

- Quan comparem el tests dos tests anteriors entre ells (**NSUCO – GROFFMAN**) trobem que els nens presenten diferències significatives amb els adults i els joves en la prova del **NSUCO**, però no en presenten amb el test de Groffman. Això es degut a que la prova del **NSUCO** valora els moviments de cap i en el Groffman no.
- Respecte el test **DEM/ ADEM** podem dir que, tal i com s'esperava, el temps horitzontal sempre és més gran que el temps vertical independent del grup d'edat de la mostra.

El temps de realització de la prova augmenta amb l'edat i que els grans i els nens cometen més errors en la realització dels moviments sacàdics de petita amplitud que els joves i els adults.

Al comparar els resultats de cada una de les mostres segons l'edat amb els resultats establerts com a norma únicament trobem diferències amb el temps horitzontal dels grans, aquest és més elevat de l'esperat.

La tipologia més freqüent en totes les mostres és la Tipologia I, que fa referència a unes bones habilitat oculomotores.

Finalment sembla adequat tenir el test ADEM que està normalitzar per diferents edats i permet comparar els resultats en qualsevol rang d'edat adulta. Considerem que seria necessari tenir altres proves per valorar els moviments sacàdics i de seguiment que també ho estiguessin.

7. BIBLIOGRAFIA

- Accardo, A. P; Pensiero. S, Da Pozzo, S, Perissuitti. "Some characteristics of saccadic eye movements in children of primary school age". *Documenta Ophthalmologica*, 80 (1992), p. 189 – 199
- Antona, P. B; Sánchez, P. I. "Estudio de la motilidad ocular". En: Antona Peñalba, Beatriz. *Procedimientos clínicos para la evaluación de la visión binocular*. Netbilo S.L, 2009, p.9 – 22.
- Aslin, R.; Salapatek, P. "Saccadic localization of visual targets by the very young human infants". *Perception and Psychoysics*, 17 (1975), p 293- 302.
- Babu, R. J. "Changes in saccadic velocity across the human lifespan". *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 44 (2003), p. 1971 Abstracte
- Bahill, T. A.; Clark, M. R; Stark, L. "The main sequence, a tool for studying human eye movements". *Sciencedirect*. 25 Març 2002.
- Becker, W. "Saccades". En Becker, w. *Eye Movements*. Vol 8, London, Macmillan, 1991, p 95- 137.
- Blythe, H. I; Liversedge, S. P.; Joseph, H. S. S. L.; White, S. J.; Rayner, K. (2009). "Visual information capture during fixations in reading for children and adults". *Vision Research*, 49, 1583-1591.
- Carpenter, Roger H. S. " The use of eye movements" En: Carpenter, Roger H.S. *Movements of the eyes*. 2na Ed. Lion: 1988, p. 1 – 11.
- Carlson, N. R. *Psychology: the science of Behavior*. 3era Ed. Hardcover, 1996.
- Collewiin, H; Erkelens, C. J; Steinman, R. M,. "Binocular co-ordination of human horizontal saccadic eye movements". *Journal of Physiology*, 404 (1988), p. 157-182.
- Collewij, H.; Erkelens, "Casper J. Binocular coordinación of human vertical saccadic eye movements". En *Journal of Physiology*, 404 (1988) p, 183-187
- Esparza, H.; García, M. P. " Desarrollo de la eficiencia visual". Universidad autónoma de Aguascalientes, 2014.
- Ferrer R. J.. "Fisiología motora". En Ferrer Ruiz, J. *Estrabismos y ambliopías: práctica razonada*. Barcelona, Ediciones Doyma, 1991, p. 6- 14.
- Firovanti, F; Inchingolo, P; Penserio, S.; Spanio, M. "Saccadic eye movement conjugation in children". *Vision Research*, 25 (1995), p. 3217 – 3228

- Fukushima, J; Hatta, T; Fukushima, K. "Development of voluntary control of saccadic eye movements. I. Age-related changes in normal children". *Brain and Development*, 22 (2000), p. 173- 180
- Gagnon, D. "The effect of spatial and temporal information on saccades and neural activity in oculomotor structures". *Brain*, 125 (2002), p. 123-139.
- Griffiths, A. N.; Marshall, R.W.; Richens, A. 1984a. "Tolerance to a sedative effect of diazepam after 6 nights nitrazepam pretreatment in man", *Br. J. Clin. Pharmacol*, 18: 305
- Jacobs, M; Jacobs. M; Harris, C; Shawkat. F. Taylor. D. "The objective assessment of abnormal eye movements in infants and young children". *Australian and New Zealand Journal of Ophthalmology*, 20 (1992), p 185- 195
- Kanayama, R; Nakamura, T; Sano, R; Ohki, M; Okuyama, T; Kimura, Y, Koike Y. "Effect of aging on smooth-pursuit eye-movement". En *Acta Otolaryngologica S511*, 1994.
- Kapuola, Z; Bucci, P. "Distribution- dependent saccades in children with strabismus and in normal". *Experimental Brain Research*, 143 (2002), p. 264 – 268.
- Kaufman, S. R; Abel, L. A. "The effects of distraction on smooth pursuit in normal subjects". En *Acta Otolaryngologica (Stockholm)*, 102 (1986), p 57 – 64.
- Leigh, R. J.; Zee, D. S. *The Neurology of eye movements*. Ed. 4. New York: Oxford University Press, 2006.
- Leigh, R. J.; Zee, D. S. *The neurology of eye movements*. 3ra Ed. New York: Oxford University Press (1999),
- Martínez Verdú, F. M., "Tipos de movimientos oculares". En, Martínez Verdú, Francisco M.; Pons Moreno, Alvaro M. *Fundamentos de visión binocular*. Publicacions de la Universitat d'Alacant, 2004, p. 49- 68.
- Mico M. R., "Características de los movimientos oculares durante la lectura". *Gaceta Óptica*. N°360 (Maig, 2002) , pag 10-13.
- Morgan M. W. "Normal age related vision changes" . En *Vision and Aging*, eds Rosenbloom A. A., Morgan M.. Ed 2. Boston: Butterworth-Heinemann, p. 178–199
- Moschner C., Baloh R. W. (1994). "Age-Related changes in visual tracking". En *Journals of Gerontology. Medical Science*, 49., p. 235 – 238.

- Phillips, J. O.; Finocchio, D. V.; Ong, L.; Fuchs, A. F. "Smooth pursuit in 1 to 4 month-old human infants". En *Vision Research* (1997) 37, issue 21, p. 3009 – 3020
- Press, L. *Applied Concepts in Vision Therapy*. Optometric Extensions Program, 2008.
- Prieto, D. J.; Souza D. C. *Estrabismo*. Ed. 5 . Ediciones Científicas Argentinas, 2005.
- Purves, D. ; Augustine, G. J. ; Fitzpatrick, D. ; Lawrence, C K., La Mantia, A. S.; McNamara, J. O.; Williams, S. M.. *Neuroscience* (2001). 5ena Ed. Sinauer Associates, 2012.
- Rodriguez B. M. A. "Diagnóstico sobre alteraciones de los Movimientos Oculomotores, con pruebas de medición subjetiva en niños entre 7 y 9 años con problemas de lectura y bajo rendimiento escolar en dos colegios de Bogotá". *Ciencia y Tecnología para la salud Visual y Ocular*. N° 6 (Enero – Junio de 2006), p. 13 – 23
- Sharpe, J. A; Zazkon, D. H. "Senescent saccades. Effects of aging on their accuracy, latency and velocity". *Acta oto-laryngologica* 104 (1987), p 442- 428.
- Sharpe, J. A; Sylvester, T.O. "Effect of aging on horitzontal smooth pursuit". En *Investigative Ophtalmology and Visual Science*, 17 (1978) p. 465 – 458.
- Sheiman, M. M. *Clinical management of binoculars visión*. J. B. Lippincott Company, Philadhelfia, 1994.
- Walker, R.; Walker, D. G.; Husain, C. K. "Control of voluntary and reflexive saccades". *Experimental Brain Research*, 130 (2000), p. 540 – 544
- Spooner, J. W., Sakala, S. M.; Baloh, R. W. (1980). "Effect of aging on eye tracking". *Archives of Neurology*, 37, 575-576
- Young, LR; Shenna, D. " The electric signals originating in the Eye: Saccadic response". En Young, Lr and Shenna, D. *Encyclopedia of Medical Devices and Instrumentation*. Ed. Jg Webster,, 1988, p 1259- 1269

Annex I: Full d'informació per el pacient i full de consentiment informat

INFORMACIÓ

TÍTUL DEL ESTUDI: “Estudi sobre l’efecte de l’edat en els moviments sacàdics i de seguiment”.

Objectiu de l’estudi:

Participarà en un estudi sobre la repetibilitat de resultats en la mesura dels moviments sacàdics i de seguiment. El tractament d’aquests resultats també formarà part d’uns Treballs Acadèmics Dirigits realitzats per diferents estudiants del darrer curs de títol de Grau en Òptica i Optometria, a la FOOT. Ha estat seleccionat com a possible participant d’aquest estudi donat que compleix els requisits que es demanen dins del protocol establert.

Condicions de l’estudi:

La prova estarà formada per un seguit de mesures que es duran a les instal·lacions de la FOOT, sense interferir en l’horari de classes.

No s’ha detectat cap tipus de risc en la realització de cap de les mesures ja que, en tot els casos, s'utilitzen tècniques no invasives.

La seva participació es totalment voluntària.

Les seves dades seran confidencials i es garanteix que el seu nom no sortirà en cap publicació o informe relatiu a l’estudi. La informació que recollim com a part de l’estudi serà compartida amb altres investigadors.

Per qualsevol dubte o problema pot posar-se en contacte amb: Ainhoa de Castellarnau Roca. ainhoacr93@hotmail.com

CONSENTIMEN INFORMAT PER ESCRIT

TÍTUL DEL ESTUDI: “Estudi de l’efecte de l’edat en els moviments sacàdics i de seguiment”.

Jo _____ amb DNI _____,
domicili _____ i _____ anys d’edat.
Dono el meu ple consentiment, de manera lliure per participar en aquest estudi.
He llegit el full informatiu.

Estic d’acord en què les meves dades relatives a aquest estudi siguin guardades, processades electrònicament i transmeses, pel qual dono el meu consentiment per què es reveli la informació necessària recollida durant l’estudi per a què pugui ser processada i difosa a la comunitat científica, sense que ne cap moment sigui revelada la meva identitat, ja que entenc que els meus drets de confidencialitat queden protegits.

He rebut suficient informació sobre l’estudi i tots els meus dubtes i preguntes han sigut aclarits.

_____, _____ de _____ de _____

Firma del pacient

Confirmo que he explicat al pacient el caràcter i el propòsit del projecte de la investigació.

Firma del investigador

Annex II: Fitxa d'inclusió / excusió en lestudi

Nom:	Edat:	ID:	Data:
FITXA DE CONTROL	UD	UE	BINO
AV:			
	GRAUS	CIL (-)	ESFERA
Gx actual:	UD:		
	UE:		
	SI	NO	
Ambliopia:			
Estrabisme			
Cirurgia ocular:			
FIRMA:			

Annex III: Full d'avaluació test Groffman

VISUAL TRACING TEST

Nom pacient:

Nº pacient:

Edat:

Masculí: ☐






Escola:

Femení: ☐

Examinador:

Dia:

Observacions:

Test (Groffman) VTT				
Làmina	Resposta correcta	Resposta	Temps (s)	Puntuació
1				
2				
3				
4				
5				
Puntuació Total				

T(s)	Puntuació
<10	10
11-15	9
16-20	8
21-25	7
26-30	6
31-35	5
36-40	4
41-45	3
46-50	2
51-60	1
>60	0

Valors	Normalitat	
8.0-8.11	33.50 ± 8.81	42.31 24.69
9.0-9.11	36.11 ± 9.23	45.34 26.88

Annex IV: Full d'avaluació test DEM / ADEM

DEM - NENS

Nom pacient:

Nº

Pacient:

Edat:

Masculí ☐

Escola:

Femení ☐

Examinador:

Dia:

Observacions:

TEST A		TEST B		TEST C				
3	4	6	7	3	7	5	9	8
7	5	3	9	2	5	7	4	6
5	2	2	3	1	4	7	6	3
9	1	9	9	7	9	3	9	2
8	7	1	2	4	5	2	1	7
2	5	7	1	5	3	7	4	8
5	3	4	4	7	4	6	5	2
7	7	6	7	9	2	3	6	4
4	4	5	6	6	3	2	9	1
6	8	2	3	7	4	6	5	2
1	7	5	2	5	3	7	4	8
4	4	3	5	4	5	2	1	7
7	6	7	7	7	9	3	9	2
6	5	4	4	1	4	7	6	3
3	2	8	6	2	5	7	4	6
7	9	4	3	3	7	5	9	8
9	2	5	7	TIME: _____ sec				
3	3	2	5	_____ s errors _____ o errors				
9	6	1	9	_____ a errors _____ t errors				
2	4	7	8	ADJ TIME = TIME x $\frac{80}{(80 - o + a)}$				
_____ sec		_____ sec		ADJ TIME = _____ sec				
TOTAL TIME: _____ sec				TOTAL ERRORS (s + o + a + t) = _____				
ADJ TIME: _____ sec								
ERRORS: _____				RATIO = $\frac{\text{HORIZONTAL ADJ TIME}}{\text{VERTICAL ADJ TIME}}$ = _____				

	TEMPS BRUT	TEMPS NET	NORMA (8 anys)	NORMA (9 anys)
Tv			46.76 ± 7.89	42.33 ± 8.2
Th			57.73 ± 12.32	51.13 ± 13.3
R			1.24 ± 0.18	1.21 ± 0.19
Tipologia				

ADEM

Nom pacient:

Nº

Pacient:

Edat:

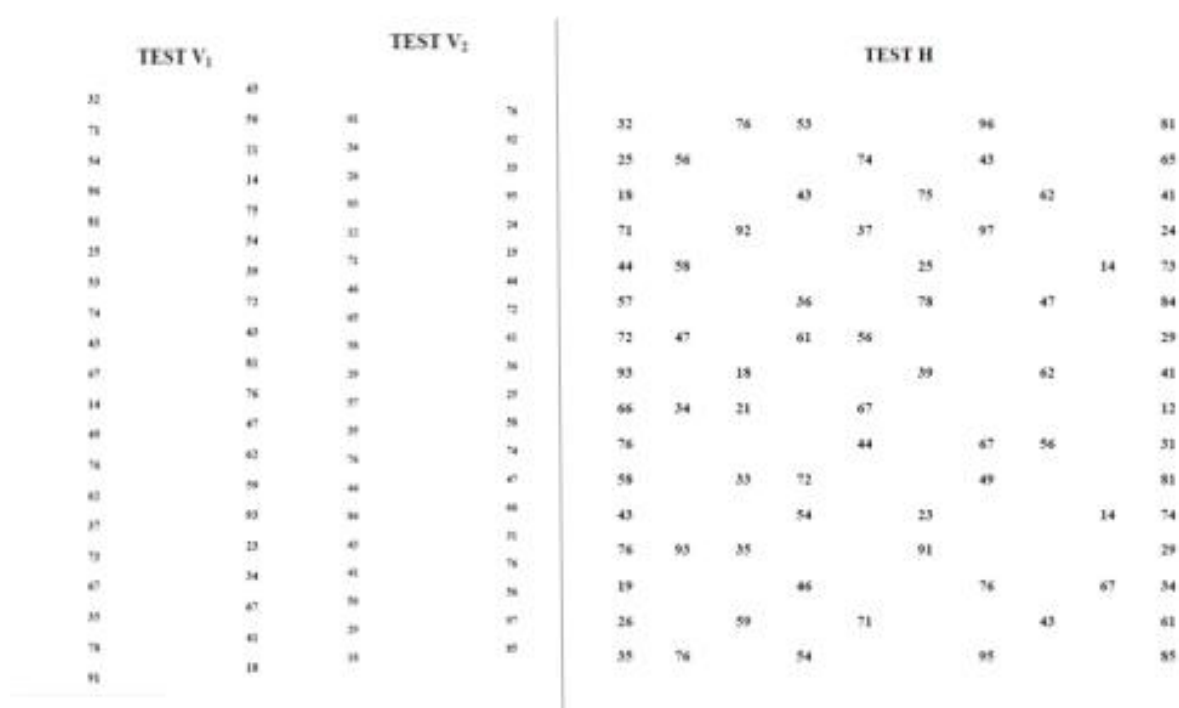
Masculí ☐

Femení ☐

Examinador:

Dia:

Observacions:



	TEMPS BRUT	TEMPS NET	NORMA (19-23 anys)	NORMA (24-28 anys)
Tv			45.23 ± 6.60	44.93 ± 7.22
Th			49.93 ± 8.23	47.63 ± 7.32
R			1,08 ± 0,12	1,06 ± 0,13
Tipologia				